



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR  
LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN  
RUNGKUT, KOTA SURABAYA**

**HARISTIA DAMAYANTI**  
3312100030

**DOSEN PEMBIMBING**  
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT - RE 141581**

**DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANT  
DESIGN IN KECAMATAN RUNGKUT,  
SURABAYA CITY**

**HARISTIA DAMAYANTI**  
3312100030

**SUPERVISOR**  
Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., Ph.D

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

## LEMBAR PENGESAHAN

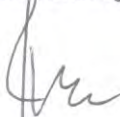
### PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN RUNGKUT, KOTA SURABAYA

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
**HARISTIA DAMAYANTI**  
Nrp. 3312 100 030

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., Ph.D  
197111142003122001



# **PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DI KECAMATAN RUNGKUT, KOTA SURABAYA**

Nama Mahasiswa : Haristia Damayanti  
NRP : 3312100030  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD

## **ABSTRAK**

Kecamatan Rungkut merupakan kecamatan dengan angka kepadatan penduduk yang tinggi. Oleh karenanya Kecamatan Rungkut dituntut untuk memiliki sarana dan prasarana sanitasi yang baik. Berdasar pada kondisi eksisting yang ada di lapangan, didapati masih adanya masyarakat yang membuang limbah domestik *blackwater* dan *greywater* langsung pada saluran drainase. Sementara itu, saluran drainase seharusnya terbebas dari air limbah, selain karena tingginya beban organik yang dapat mencemari badan air, tambahan debit dari air limbah tersebut dapat menyebabkan beban tampungan dari saluran drainase menjadi terlalu berlebihan. Tujuan perencanaan ini adalah untuk merencanakan bangunan pengolahan air limbah domestik di Kecamatan Rungkut dan menghitung biaya yang dibutuhkan.

Teknologi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Data kualitas air limbah diperoleh dengan melakukan pengujian di laboratorium terhadap air limbah berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Berdasarkan data kualitas air limbah domestik yang didapatkan, dilakukan perencanaan dan perhitungan untuk desain ABR serta perhitungan biaya yang diperlukan.

ABR yang direncanakan dirancang secara tipikal untuk dapat melayani 100KK dengan total panjang x lebar x kedalaman sebesar 15,5m x 2,3m x 2,6 m. Biaya yang diperlukan untuk pembangunan ABR adalah sebesar Rp 159.853.000,-

**Kata Kunci : *Anaerobic Baffled Reactor*, Air Limbah Domestik, Kecamatan Rungkut**

# **DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANT DESIGN IN KECAMATAN RUNGKUT, SURABAYA CITY**

Nama of Student : Haristia Damayanti  
NRP : 3312100030  
Study Programme : Teknik Lingkungan  
Supervisor : Ipung Fitri Purwanti, S.T., M.T., PhD

## **ABSTRACT**

As population highly increased, Kecamatan Rungkut is enforced to own a good infrastructure sanitation facility. According to existing condition on the field, there are people who dispose their domestic wastewater including Blackwater and Greywater directly into drainage sewage. Meanwhile, drainage sewage should be free from wastewater, not only its high organic load but also the addition of wastewater volume will cause trouble and over capacity in drainage sewage. The purpose of this thesis is planning domestic wastewater treatment plant in Kecamatan Rungkut and to calculate the amount of cost that will be needed.

The technology chosen in this design is *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*. Laboratorium test has been done to acquire the data of wastewater quality according to specified parameter. After characteristic data of the wastewater has been acquired, the next stage is designing and calculating the cost to build this unit.

According from the calculation, the designed domestic wastewater treatment plant will serve 100 family and sized for 15,5m x 2,3m x 2,6m (length x width x depth) which will cost Rp 159.853.000,-

**Keyword : Anaerobic Baffled Reactor, Domestic Wastewater, Kecamatan Rungkut**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Ruang Lingkup .....	2
1.5 Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Sanitasi dan Air Limbah Domestik .....	5
2.1.1 Pengertian Sanitasi .....	5
2.1.2 Strategi Nasional Sanitasi Total Berbasis Masyarakat .....	5
2.2 Air Limbah Domestik .....	6
2.2.1 Karakteristik Air Limbah Domestik .....	6
2.2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	6
2.2.3 Debit Air Limbah .....	6
2.3 Jenis Pengolahan Air Limbah .....	7
2.3.1 Pengolahan Aerobik .....	7
2.3.2 Pengolahan Anaerobik .....	8
2.4 Unit Pengolahan Air Limbah .....	8
2.4.1 Anaerobic Baffle Reactor (ABR) .....	9
2.4.2 Anaerobik Biofilter .....	11
2.4.3 Aerobik Biofilter .....	12
2.5 Metode Pengumpulan Data .....	15
2.5.1 Metode Sampling .....	15
2.5.2 Metode Wawancara .....	16
BAB III GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN .....	17
3.1 Wilayah Geografis dan Administrasi .....	17
3.2 Kependudukan .....	17
3.3 Kondisi Eksisting Fasilitas Sanitasi Air Limbah ....	17

BAB IV	METODE PERENCANAAN .....	21
4.1	Kerangka Perencanaan.....	21
4.2	Tahapan Perencanaan.....	24
4.2.1	Ide Perencanaan .....	24
4.2.2	Studi Pustaka .....	24
4.2.3	Pengumpulan Data .....	24
4.2.4	Perencanaan .....	25
4.2.5	Kesimpulan dan Saran .....	26
BAB V	HASIL PERENCANAAN .....	27
5.1	Hasil Survei .....	27
5.1.1	Hasil Kuesioner dan Wawancara .....	27
5.1.2	Hasil Survei Lokasi Perencanaan .....	28
5.2	Hasil Penelitian Laboratorium .....	29
5.3	Perencanaan Pemilihan Alternatif .....	29
5.4	Perhitungan Desain IPAL .....	33
5.4.1	Perhitungan Tangki Pengendap .....	33
5.4.1.1	Perhitungan COD Removal....	33
5.4.1.2	Perhitungan BOD Removal....	35
5.4.1.3	Perhitungan Dimensi .....	36
5.4.2	Perhitungan Kompartemen .....	37
5.4.2.1	Perhitungan Dimensi.....	37
5.4.2.2	Perhitungan BOD Removal.....	39
5.4.2.3	Perhitungan COD Removal....	42
5.4.3	Total Removal Pada Unit ABR .....	43
5.5	Profil Hidrolis .....	44
5.6	Perhitungan Lumpur .....	46
5.6.1	Produksi Lumpur di Settling Tank .....	47
5.6.2	Produksi Lumpur di Kompartemen .....	49
5.7	Mass Balance.....	53
5.7.1	Mass Balance di Tangki Pengendap ....	53
5.7.2	Mass Balance di Kompartemen .....	55
5.8	Penempatan IPAL .....	56
BAB VI	BOQ dan RAB .....	59
6.1	Harga Satuan Material dan Upah Tenaga Kerja ..	59
6.2	Rincian Uraian Pekerjaan Konstruksi ABR.....	61
6.2.1	Tahap Persiapan .....	61
6.2.2	Tahap Pekerjaan Utama .....	63
6.2.3	Tahap Pekerjaan <i>Finishing</i> .....	69
6.3	Perhitungan BOQ dan RAB Konstruksi ABR.....	70

BAB VII	PENUTUP .....	75
7.1	Kesimpulan .....	75
7.2	Saran .....	75
DAFTAR PUSTAKA	.....	77



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kondisi Kependudukan Kecamatan Rungkut Tahun 2014 .....	18
Tabel 4.1 Rincian Data Sekunder Yang Dibutuhkan .....	25
Tabel 5.1 Debit Konsumsi Air Bersih Kecamatan Rungkut..	28
Tabel 5.2 Karakteristik Air Limbah Domestik <i>Blackwater dan Greywater Kecamatan Rungkut</i> .....	29
Tabel 5.3 Matriks Pemilihan Teknologi.....	31
Tabel 5.4 Produksi Lumpur .....	52
Tabel 6.1 Harga Satuan Kebutuhan Material .....	59
Tabel 6.2 Harga Satuan Upah Tenaga Kerja .....	61
Tabel 6.3 Pembersihan Lapangan “Ringan” dan Perataan ..	61
Tabel 6.4 Pembongkaran Paving Tidak Dipakai Kembali....	62
Tabel 6.5 Pembuatan Bouwplank/titik .....	62
Tabel 6.6 Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank.....	62
Tabel 6.7 Penggalan Tanah Sedalam 1 meter .....	63
Tabel 6.8 Pengangkutan Tanah Dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1 meter .....	63
Tabel 6.9 Pekerjaan Kolom Beton Bertulang (150 Kg besi + bekisting).....	64
Tabel 6.10 Pekerjaan Balok Beton Bertulang (200 Kg besi + bekisting).....	65
Tabel 6.11 Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (150 Kg besi + bekisting) .....	66
Tabel 6.12 Pekerjaan Plat Tutup Beton.....	67
Tabel 6.13 Pekerjaan Plat Lantai Beton .....	67
Tabel 6.14 Pemasangan Pipa Air Kotor Diameter 3”.....	68
Tabel 6.15 Aksesoris Pipa.....	68
Tabel 6.16 Pekerjaan Pelapisan Waterproofing .....	69
Tabel 6.17 Pembersihan Lapangan “Berat” dan Perataan ..	69
Tabel 6.18 Pengurugan Tanah dengan Pemadatan.....	70
Tabel 6.19 Rancangan Anggaran Biaya Perencanaan ABR	73

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Anaerobic Baffle Reactor (ABR) .....	10
Gambar 2.2 Anaerobik Biofilter .....	11
Gambar 2.3 Aerobik Biofilter .....	14
Gambar 3.2 Kondisi Fasilitas Sanitasi Air Limbah Kecamatan Rungkut.....	19
Gambar 4.1 Kerangka Perencanaan .....	21
Gambar 5.1 Faktor COD Removal di Tangki Pengendapan	34
Gambar 5.2 Faktor Removal BOD Terhadap Removal COD .....	35
Gambar 5.3 Faktor OLR BOD .....	39
Gambar 5.4 Faktor BOD Strength .....	40
Gambar 5.5 Faktor BOD Removal Terhadap Temperatur.....	40
Gambar 5.6 Faktor BOD Removal Terhadap Jumlah Kompartemen .....	41
Gambar 5.7 Faktor BOD Removal Terhadap HRT .....	42
Gambar 5.8 Faktor Efisiensi Rasio COD Removal Terhadap BOD Removal.....	42
Gambar 5.9 Pipa Kompartemen .....	45
Gambar 5.10 Persentase Removal Berdasarkan Waktu Tinggal Pada Settling Tank.....	47
Gambar 5.11 Persentase Reduksi Lumpur Selama Penyimpanan .....	48
Gambar 5.12 Persentase Removal Berdasarkan Waktu Tinggal di Kompartemen .....	50
Gambar 5.13 Diagram Mass Balance .....	57

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kecamatan Rungkut merupakan salah satu dari total 31 kecamatan yang ada di Kota Surabaya. Kecamatan ini merupakan kecamatan yang dekat dengan kawasan perindustrian Kota Surabaya sehingga kecamatan ini menjadi salah satu kecamatan dengan kepadudukan yang padat. Dengan kepadatan penduduk yang tinggi tersebut, Kecamatan Rungkut juga dituntut untuk memiliki sarana dan prasarana sanitasi yang baik.

Berdasarkan hasil survey pendahuluan yang dilakukan, kondisi drainase baik primer, sekunder maupun tersier yang ada di kawasan Kecamatan Rungkut masih nampak kotor. Hal ini disebabkan masih adanya warga yang menyalurkan air buangan bekas cuci, dapur, dan kamar mandi (*greywater*) langsung menuju saluran drainase dan badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Didapati pula masih ada fasilitas buang air besar baik dari masing-masing rumah tangga, maupun dari fasilitas umum seperti MCK umum yang langsung mengarahkan pipa pembuangan dari jambannya (*blackwater*) pada saluran drainase. Apabila hal ini tetap dibiarkan saja maka, dapat terjadi pengendapan dan peluapan dari saluran drainase akibat beban yang diterima tidak sesuai dengan rancangannya. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no. 12 tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan bahwa drainase pada dasarnya dirancang dengan menganut sistem terpisah antara air hujan dengan air limbah, dan masyarakat turut berperan dalam pencegahan masuknya sampah dan air limbah di dalam saluran drainase.

Berdasarkan pada kondisi eksisting yang ada, diperlukan adanya perencanaan teknologi yang dapat mengolah air limbah domestik pada Kecamatan Rungkut. Secara umum terdapat beberapa teknologi sanitasi air limbah domestik yang sebelumnya sudah sering diterapkan di Indonesia antara lain menggunakan teknologi tangki septik dengan sistem resapan dan *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR) (Djonoputro *et al*, 2009). Seiring dengan

perkembangan zaman, terdapat teknologi lain yang dapat digunakan sebagai pengolah air limbah domestik seperti anaerobik biofilter dan aerobik filter. Melihat cukup banyaknya teknologi untuk pengolahan air limbah domestik yang dapat dipilih, maka terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan teknologi sanitasi antara lain adalah faktor teknis, lingkungan, institusional, dan masyarakat (Brikke dan Bredero, 2003).

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Penentuan teknologi yang tepat untuk dapat digunakan dalam perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik *Blackwater* dan *Greywater* di Kecamatan Rungkut, Surabaya
2. Perhitungan biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan teknologi yang akan direncanakan

## **1.3 Tujuan**

1. Merencanakan teknologi pengolahan air limbah *blackwater* dan *greywater* untuk pemukiman di Kecamatan Rungkut.
2. Menghitung Biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan teknologi yang akan digunakan.

## **1.4 Ruang Lingkup**

1. Daerah studi adalah pemukiman padat penduduk tanpa ketersediaan tangki septik pada RT 3 RW 4 Kelurahan Kedung Baruk, RT 5 RW 3 Kelurahan Kalirungkut, dan RT 3 RW 3 Kelurahan Penjaringan Sari, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur.
2. Pelayanan meliputi air limbah *blackwater* dan *greywater*
3. Aspek yang ditinjau adalah aspek teknis dan biaya.
4. Perencanaan berupa desain bangunan pengolahan air limbah domestik tipikal untuk 100KK.
5. BOQ dan RAB bangunan pengolahan air limbah.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang dapat diambil dari perencanaan ini adalah:

1. Dapat menjadi pertimbangan dalam penentuan upaya yang tepat untuk masyarakat Kecamatan Rungkut untuk menjadi masyarakat dengan kondisi sanitasi air limbah yang baik.
2. Dapat menjadi pertimbangan dalam teknologi pengolahan limbah domestik untuk pemukiman padat penduduk.



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sanitasi dan Air Limbah Domestik**

Apabila berbicara tentang sanitasi maka, kita tidak hanya berbicara tentang 1 sektor saja tetapi terdapat banyak sektor yang dicakup oleh sanitasi antara lain, air bersih, persampahan, drainase dan juga air limbah. Dalam perencanaan ini, bagian dari sanitasi yang akan dibahas lebih lanjut adalah terkait sub sektor air limbah.

##### **2.1.1 Pengertian Sanitasi**

Menurut Buku Putih Sanitasi Kota Surabaya (2010) sanitasi diartikan sebagai suatu dukungan sarana untuk menciptakan keadaan yang dapat menghindarkan terjadinya gangguan dan penyakit yang merupakan dampak dari aktivitas manusia. Definisi sanitasi menurut Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia meliputi pengolahan air limbah domestik, pengelolaan persampahan, pengelolaan air hujan (drainase lingkungan), dan juga penyediaan air bersih. Disebutkan juga bahwa sanitasi merupakan perilaku yang disengaja dalam pembudayaan hidup bersih dengan tujuan yaitu untuk mencegah manusia bersentuhan langsung dengan kotoran dan bahan buangan berbahaya lainnya dengan harapan usaha ini akan menjaga dan meningkatkan kesehatan manusia.

##### **2.1.2 Strategi Nasional Sanitasi Total Berbasis Masyarakat**

Strategi Nasional Sanitasi Total Berbasis Masyarakat (SNSTBM) merupakan pendekatan yang bertujuan untuk merubah perilaku higienitas dan kualitas kehidupan masyarakat Indonesia berupa suatu aksi terpadu yang diharapkan dapat menurunkan angka terjangkitnya penyakit menular berbasis lingkungan seperti diare. (Roadmap Percepatan Program STBM, 2013). Strategi Nasional ini merupakan acuan dalam penyusunan perencanaan, pelaksanaan, pemantauan serta evaluasi terkait STBM (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2010). Strategi Nasional Sanitasi Total Berbasis Masyarakat ini memiliki target capaian yaitu ketika suatu komunitas sudah mencapai

kondisi tidak buang air besar sembarangan (Stop BABS), Mencuci tangan dengan sabun (CTPS), Mengelola air minum dan makanan yang aman (PAMM RT), Mengelola sampah dengan benar serta mengelola limbah cair rumah tangga dengan aman. (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2013).

## **2.2 Air Limbah Domestik**

Air Limbah Domestik adalah limbah yang berasal dari berbagai aktivitas rumah tangga yang dapat berupa tinja dan buangan lainnya seperti air bekas cucian. Dalam pengelolaannya, air limbah domestik dapat diolah menggunakan sistem *off-site* atau *on-site* atau juga dapat menggunakan kombinasi dari kedua sistem tersebut.

### **2.2.1 Karakteristik Air Limbah Domestik**

Dalam berbagai penelitian yang pernah dilakukan terhadap air limbah domestik, diperoleh berbagai macam variasi karakteristik kualitas air limbah. Namun, menurut Wisnuprpto (2007), didapatkan karakteristik air limbah domestik adalah sebagai berikut:

- COD = 160-500 mg/L
- TSS = 200-1000 mg/L
- BOD<sub>5</sub> = 100-300 mg/L

### **2.2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik**

Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur no. 72 Tahun 2013 berikut adalah baku mutu air limbah domestik dengan volume limbah cair maksimum 120L/ (orang.hari):

- pH = 6-9
- Minyak dan Lemak = 10
- COD = 50 mg/L
- TSS = 50 mg/L
- BOD<sub>5</sub> = 30 mg/L

### **2.2.3 Debit Air Limbah**

#### **a. Debit Rata-Rata (Q<sub>r</sub>)**

Debit air buangan yang berasal dari rumah tangga, bangunan umum, bangunan komersial, dan bangunan industri.

Dari berbagai sarana diatas, tidak semua air yang diperlukan untuk kegiatan sehari-hari terbuang ke saluran pengumpul, hal ini disebabkan beragamnya kegiatan. Berkurangnya jumlah air yang terbuang sebagai air buangan disebabkan kegiatan seperti mencuci kendaraan, menyiram tanaman, dan lain-lain.(Hardjosuprpto, 2000)

**b. Debit Puncak ( $Q_{peak}$ )**

Debit puncak adalah debit air buangan yang dipergunakan dalam menghitung dimensi saluran.

$$\text{Faktor Peak} = \frac{5}{P^{0.2}} \quad (2.1)$$

$$Q_p = Q_{ave} \times F_p \quad (2.2)$$

Dimana:

$Q_p$  = debit puncak (L/s)

$Q_{ave}$  = debit rata-rata (L/s)

$F_p$  = Faktor *peak*

$P$  = Jumlah penduduk dilayani (jiwa)

## **2.3 Jenis Pengolahan Air Limbah**

Dalam pemilihan jenis dan teknologi unit pengolahan yang akan digunakan, perlu dilakukan pertimbangan berdasarkan beberapa aspek. Kualitas air limbah dan suhu adalah salah satu aspek yang dapat memengaruhi pilihan pengolahan karena akan berpengaruh pada aspek ekonomi (*Tchobanoglous et al*, 2014). Adapun pengolahan air limbah terbagi menjadi 2 macam, yaitu pengolahan secara aerobik dan anaerobik.

### **2.3.1 Pengolahan Aerobik**

Pada pengolahan limbah cair secara aerobik mikroorganisme dimanfaatkan untuk menurunkan atau menghilangkan substrat tertentu utamanya senyawa-senyawa organik yang biodegradable dalam air limbah. Dalam pengolahan jenis ini *supply* oksigen merupakan hal terpenting karena apabila kecepatan penggunaan oksigen melebihi kecepatan penyebaran, maka larutan oksigen dalam air limbah akan habis (Pohan, 2008). Sementara itu, keberadaan oksigen sangat diperlukan

dikarenakan proses katabolisme senyawa organik yang berlangsung memanfaatkan oksigen dari atmosfer atau dari sumber oksigen mruni sebagai penerima elektron terakhir.

### **2.3.2 Pengolahan Anaerobik**

Dalam pengolahan limbah cair secara anaerobik, mikroorganisme berperan penting dalam menurunkan atau menghilangkan substrat tertentu. Utamanya senyawa-senyawa organik dalam air buangan. Dimana dalam proses metabolisme sel dipisahkan dalam 2 jenis proses yaitu katabolisme dan anabolisme (Rittman dan McCarty, 2001).

Sistem pengolahan secara anaerobik dirasa cukup efektif dengan biaya pengoperasian yang rendah dan dapat mereduksi BOD sampai 90% (Fardiaz, 1992). Namun, dalam mendesain pengolahan limbah secara anaerobik hendaknya memperhatikan beberapa faktor yaitu (Tchobanoglous *et al* , 2004):

- Karakteristik Air Limbah
- Konsentrasi Organik dan Temperatur
- Variasi Debit dan Beban
- Fraksi Material Organik tidak Terlarut
- Nutrient, Makronutrien, dan senyawa organik dan inorganik yang toksik
- Alkalinitas

Pada umumnya, penggunaan pengolahan secara anaerobik lebih menguntungkan dalam segi teknis perawatan karena dapat menghasilkan padatan yang lebih tersebar dan flok padatan yang lebih sedikit daripada sistem aerobik (Tchobanoglous *et al*, 2014).

### **2.4 Unit Pengolahan Air Limbah**

Seiring dengan berkembangnya jaman, banyak terdapat unit unit pengolahan air limbah yang dapat digunakan baik untuk pengolahan limbah domestik maupun industri. Berikut adalah beberapa contoh unit pengolahan air limbah yang dirasa mampu dan sesuai untuk digunakan sebagai alternatif pengolahan air limbah domestik.

### 2.4.1 Anaerobic Baffle Reactor (ABR)

Anaerobic Baffle Reactor (ABR) secara prinsipnya merupakan kombinasi dari *septic tanks*, reactor *moving bed* dan reactor *up-flow anaerobic sludge blanket*. Contoh gambar ABR dapat dilihat pada Gambar 2.1 . ABR sangat efisien jika digunakan untuk mengolah air limbah dengan kandungan organik yang tinggi dengan persentase padatan tidak terendap yang tinggi dan rasio COD/BOD yang kecil (Sasse, L, 2008). Kelebihan dan kekurangan yang dimiliki oleh ABR antara lain:

- Mampu memisahkan proses asidogenesis dan metanogenesis secara longitudinal tanpa adanya masalah pengendalian dan biaya yang tinggi (Bell, 2002).
- ABR mudah dalam pembangunannya dan juga mudah dalam pengoperasiannya, serta stabil terhadap *hydraulic and organic shock loading*.
- Memiliki tingkat removal kandungan organik yang tinggi, yaitu 65%-90% removal COD, dan 70%-95% removal BOD
- Rendahnya efisiensi dalam removal TSS yaitu hanya berkisar 40%-70%.
- Zat padat dengan densitas yang mendekati densitas air akan terbawa keluar dari kompartemen pertama dan memungkinkan terbawa keluar bersama dengan reaktor.

Berikut adalah beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan terkait struktur organisme yang terbentuk dalam reaktor guna peningkatan kinerja ABR:

- Kecepatan Aliran Permukaan
- Waktu Kontak
- Laju Pembebanan Organik
- Karakteristik Limbah Cair
- Suhu
- Ph

### Desain Reaktor

Kriteria Perencanaan ABR (Sasse, L, 2009):

- *Organic Loading Rate (OLR)* =  $< 3 \text{ Kg COD/m}^3.\text{hari}$

- *Hydraulic Retention Time (HRT)* = > 8 jam
- Kecepatan aliran ( $V_{up}$ ) = < 2 m/jam

Perhitungan Dimensi ABR:

a. Volume Reaktor:  

$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \quad (2.5)$$

b. Laju Beban Organik (*Organic Loading Rate* – OLR)  

$$\text{OLR} = \frac{Q \times S_o}{\text{Volume}} \quad (2.6)$$

c. Waktu Tinggal Hidrolis (*Hydraulic Retention Time* – HRT)  

$$\text{HRT} = \frac{\text{Volume}}{Q} \quad (2.7)$$

d. Laju Beban Hidrolis (*Hydraulic Loading Rate* – HLR)  

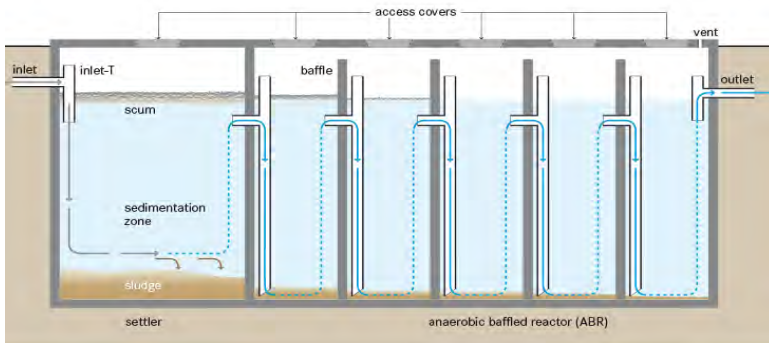
$$\text{HLR} = \frac{Q}{\text{Asurface}} \quad (2.8)$$

e. Kecepatan aliran up flow  

$$V_{up} = \frac{Q}{\text{jumlah sekat} \times \text{kompartmenten} \times \text{lebar reaktor}} \quad (2.9)$$

f. Kedalaman (h)  

$$H = \frac{\text{Volume}}{\text{Asurface}} \quad (2.10)$$

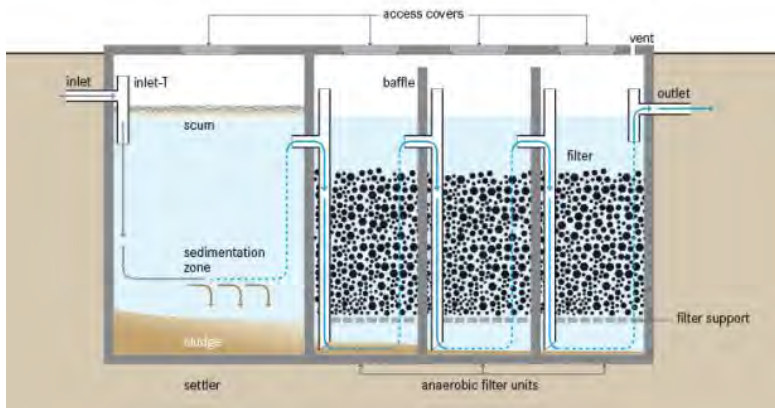


**Gambar 2.1 Anaerobic Baffle Reactor (ABR)**

Sumber: Tilley *et al.* 2008

### 2.4.2 Anaerobik Biofilter

Anaerobik biofilter merupakan unit pengolahan yang menggunakan kombinasi dalam penyisihan padatan secara mekanis dengan proses penyerapan organik terlarut. Contoh gambar Anaerobik biofilter dapat dilihat pada Gambar 2.2. Pada unit pengolahan ini, dibutuhkan adanya media biofilter yang berfungsi sebagai tempat aktifitas bagi bakteri untuk menguraikan zat organik yang terdapat pada air limbah.



Gambar 2.2 Anaerobik Biofilter

Sumber: Tilley *et al.* 2014

### Desain Reaktor

Kriteria desain unit Anaerobik biofilter (Sasse, L, 2008):

- Lebar tangki = 6 – 26 m
- Tinggi tangki = 3 – 13 m
- Volume Reaktor = 100 – 10.000 m<sup>3</sup>
- Media Filter = 50 – 70 % dari ketinggian tangki
- Kecepatan upflow = < 2 m/jam
- HRT = 4 – 10 jam
- Beban organik = 0,15 – 0,5 kgBOD/m<sup>3</sup>.hari  
berdasarkan total volume filter



#### Rumus Perhitungan Anaerobic Filter:

1. Efisiensi Pengolahan

$$E = 100 \times (1 - 0,87 \times t^{-0,5}) \quad (2.11)$$

Dimana:

E = Efisiensi sistem

T = waktu detensi (jam)

0,87 = konstanta empiris sistem

2. Waktu detensi

$$t = V/Q \quad (2.12)$$

Dimana:

V = volume anaerobic filter ( $m^3$ )

Q = debit rata-rata influen ( $m^3/hari$ )

3. Beban Hidrolis

$$HLR = Q/A \quad (2.13)$$

Dimana:

A = Luas area medium filter ( $m^2$ )

4. Beban Organik

$$Lv = Q \times So/V \quad (2.14)$$

Dimana:

Lv = volumetric organic loading ( $kgBOD/m^3.hari$ )

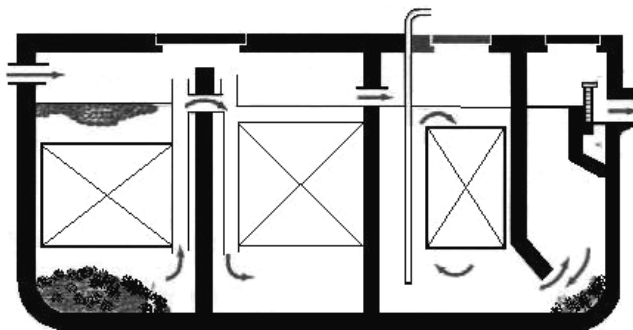
So = konsentrasi BOD ( $kgBOD/m^3$ )

#### 2.4.3 Aerobik Biofilter

Berdasarkan pada RSNi Pd-T-04-2005-C tentang tata cara perencanaan dan pemasangan tangki biofilter , pengolahan air limbah rumah tangga dengan tangki biofilter terdapat beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam perencanaan desain tangki biofilter aerobik antara lain, yaitu:

- a. Pasang unit penangkap lemak (*grease trap*) sebelum inlet tangki biofilter untuk air limbah dengan kandungan minyak dan lemak tinggi
- b. Tangki biofilter terbuat dari bahan kedap air dan tahan korosi seperti: fiber gelas, pasangan bata, beton, dan bahan kedap lainnya.
- c. Tangki biofilter terdiri dari minimal 3 kompartemen, yang dilengkapi dengan manhole
- d. Disetiap kompartemen diisi dengan media kontak, yang masing-masing karakteristiknya berbeda.
- e. Kompartemen terakhir digunakan untuk menampung air yang akan dialirkan ke pipa outlet.
- f. Biofilter tipe aerobik harus mempunyai dinding segi-empat yang datar, kecuali pada sisi lebar bagian bawah dibuat miring kearah dalam tangki dengan ketentuan yaitu:
  - Sudut-sudutnya tidak boleh tegak lurus
  - Pada bagian dalam tangki aerobik dilengkapi dengan jaringan pipa penyedia udara
- g. Media bahan dapat dibuat dari bahan alam atau secara fabrikasi dari bahan plastik atau bahan lainnya yang tahan korosi.
- h. Spesifikasi dari blower udara yaitu:
  - Kapasitas blower dapat mengalirkan oksigen lebih besar dari  $3\text{m}^3/\text{jam}$  per  $1\text{ m}^3$  dari tangki kontak aerasi
  - Tekanan rata-rata  $0,15\text{ Kg/cm}^2$
  - Pengeluaran udara :  $60\text{ L/menit}$
  - Kebutuhan daya :  $55\text{ watt}$
  - Kuat arus :  $0,8\text{ A}$
  - Sumber tenaga : fase tunggal,  $220\text{ V}$ ,  $50\text{Hz}$

Contoh gambar unit Biofilter aerobik dapat dilihat pada Gambar 2.3



*Gambar 2.3 Aerobik Biofilter*

Sumber: RSNI Pd-T-04-2005-C

### **Desain Reaktor**

Kriteria desain unit Aerobik Biofilter

- Kedalaman efektif kompartemen  $\geq 1,2$  m
- Volume media kontaktor:
  - a. 40% x volume efektif untuk kompartemen 1
  - b. 60% x volume efektif untuk kompartemen selanjutnya
- Luas permukaan air  $> \frac{Debit}{8} \text{ m}^2$
- Volume media kontaktor : 55% x volume efektif
- Waktu retensi :
  - a. Tangki sedimentasi ke-1/ pemisah  $> 36$  jam, bila terdiri dari 2 ruang, waktu retensi ruang ke-1 = 24 jam dan ruang ke-2 = 12 jam
  - b. Pre-screening = 2,5 jam
  - c. Tangki kontak aerasi = 24 jam
  - d. Tangki sedimentasi = 4 jam
  - e. Tangki desinfeksi = 15 menit
- Beban permukaan air pada tangki sedimentasi  $< 8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$

Pada pengolahan air limbah menggunakan unit aerobik biofilter memiliki beberapa keuntungan, antara lain:

- Efisiensi biofilter bergantung pada luas kontak antara air limbah dengan mikroorganisme yang menempel pada permukaan biofilter. Semakin luas bidang kontak, maka efisiensi penurunan konsentrasi bahan organik (BOD) akan semakin besar. Selain itu, selain menurunkan konsentrasi BOD dan COD, sistem ini juga mampu menurunkan konsentrasi padatan tersuspensi, detergen (MBAS), amonium dan fosfor (BPPT,1997)
- Dengan digunakannya media biofilter mampu mengurangi konsentrasi *suspended solid* dan *Eschericia coli*. Dan juga, sistem biofilter upflow dapat menghasilkan efisiensi penyaringan yang lebih besar karena sistem aliran dari bawah ke atas dapat mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air limbah. Partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan mengendap didasar bak filter.

## 2.5 Metode Pengumpulan Data

Dalam perencanaan ini, dibutuhkan data primer sebagai data pendukung. Untuk mendapatkan data primer utamanya data primer yang berkaitan langsung dengan masyarakat yang terkait maka terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan untuk pengumpulan data.

### 2.5.1 Metode Sampling

Penggunaan metode sampling memiliki tujuan untuk membuat penarikan sampel lebih efisien. Metode sampling mencoba untuk mengembangkan metode pemilihan sampel dan metode perkiraan dengan biaya yang sekecil mungkin dan perkiraan yang cukup teliti untuk tujuan tertentu (Cochran, 1977).

Penentuan jumlah sampel dalam perencanaan ini yaitu responden dari masyarakat wilayah perencanaan dilakukan dengan menggunakan metode *Slovin* (Sugiyono, 2006) dengan rumus yaitu:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (2.15)$$

Dimana:

n = Ukuran Sampel

N = Ukuran Populasi

e = Taraf Kesalahan (error) sebesar 0,1 (10%)

### **2.5.2 Metode Wawancara**

Wawancara merupakan angket lisan, artinya responden atau *interviewer* mengemukakan informasinya secara lisan dalam hubungan tatap muka, sehingga responden tidak perlu menuliskan jawabannya.. Setelah pewawancaranya berhasil menjalin hubungan yang baik atau berhasil menciptakan keakraban dengan responden, maka informasi-informasi yang penting akan dapat diperoleh (tanpa responden harus bersusah payah menulis. Melalui teknik wawancara, peneliti dapat merangsang responden agar memiliki wawasan pengalaman yang lebih luas. Dengan wawancara juga, peneliti dapat menggali soal-soal penting yang belum terpikirkan dalam rencana penelitiannya (Sunyono, 2011).

## **BAB III**

### **GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN**

#### **3.1 Wilayah Geografis dan Administrasi**

Dalam lingkup Gerbangkertosusilo, pengembangan Surabaya merupakan bagian dari Surabaya Metropolitan Area, yang arah pengembangannya adalah sebagai berikut:

- Sebagai pusat kegiatan ekonomi untuk wilayah Jawa Timur dan pulau – pulau sekitarnya yang ditunjang dengan keberadaan Pelabuhan Tanjung Perak.
- Sebagai pusat urban yang menunjang kegiatan sosial-ekonomi

Kecamatan Rungkut termasuk dalam wilayah Surabaya Timur yang terdiri dari 6 Kelurahan yaitu Kelurahan Rungkut, Kelurahan Medokan Ayu, Kelurahan Wonorejo, Kelurahan Kedung Baruk, Kelurahan Kali Rungkut dan Kelurahan Penjaringan Sari yang dapat dilihat pada Lampiran 1.

Batas administratif Kecamatan Rungkut yaitu:

- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| a. Sebelah Utara   | : Kecamatan Sukolilo         |
| b. Sebelah Timur   | : Selat Madura               |
| c. Sebelah Selatan | : Kecamatan Gunung Anyar     |
| d. Sebelah Barat   | : Kecamatan Tenggilis Mejoyo |

#### **3.2 Kependudukan**

Data kependudukan disajikan dalam bentuk tabel yang berisi nama kelurahan, jumlah penduduk, luas wilayah per kelurahan, serta kepadatan penduduk yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

#### **3.3 Kondisi Eksisting Fasilitas Sanitasi Air Limbah**

Berdasarkan data yang didapatkan dari Sanitarian Puskesmas Kalirungkut dan Puskesmas Medokan Ayu, dapat diketahui wilayah yang masyarakatnya masih belum memiliki fasilitas buang air besar ataupun masih melakukan buang air besar sembarangan.

Berdasarkan dari data yang diperoleh dan dengan melihat pada kondisi eksisting maka didapatkan wilayah yang akan direncanakan adalah wilayah kelurahan Kalirungkut, Kelurahan Kedung Baruk, dan Kelurahan Penjaringan Sari. Pada Kelurahan

Kalirungkut ditujukan pada warga RT 5 RW 3 yang warganya menggunakan fasilitas buang air besar menggunakan MCK umum tanpa dilengkapi tangki septik atau pengolahan air limbah lainnya, untuk Kelurahan Kedung Baruk ditujukan pada warga RT 3 RW 4 yang warganya menggunakan fasilitas buang air besar menggunakan MCK umum tanpa dilengkapi tangki septik atau pengolahan air limbah lainnya, dan untuk Kelurahan Penjaringan Sari ditujukan pada warga RT 3 RW 3 yang warganya menggunakan fasilitas buang air besar pribadi namun tidak memiliki tangki septik ataupun pengolahan air limbah lainnya. Kondisi eksisting fasilitas terkait sanitasi air limbah warga kecamatan Rungkut dapat dilihat pada Gambar 3.2

*Tabel 3.1 Kondisi Kependudukan Kecamatan Rungkut Tahun 2014*

2014				
NO	KELURAHAN	JUMLAH PENDUDUK (JIWA)	LUAS WILAYAH (KM2)	KEPADATAN PENDUDUK (JIWA/KM2)
1	Rungkut Kidul	13981	1.37	10205
2	Medokan Ayu	21938	7.23	3034
3	Wonorejo	15361	6.48	2371
4	Penjaringan Sari	18835	1.81	10406
5	Kedung Baruk	16850	1.55	10871
6	Kalirungkut	24980	2.58	9682

*Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya*



*Gambar 3.2 Kondisi Fasilitas Sanitasi Air Limbah Kecamatan Rungkut*

Dalam Gambar 3.2 menunjukkan kondisi eksisting yang ada di masyarakat wilayah perencanaan yaitu kondisi saluran drainase yang kotor, akibat banyaknya pipa-pipa dari rumah tangga yang masih menyalurkan air limbah *blackwater* dan *greywater* nya langsung menuju saluran drainase setempat tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu.



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

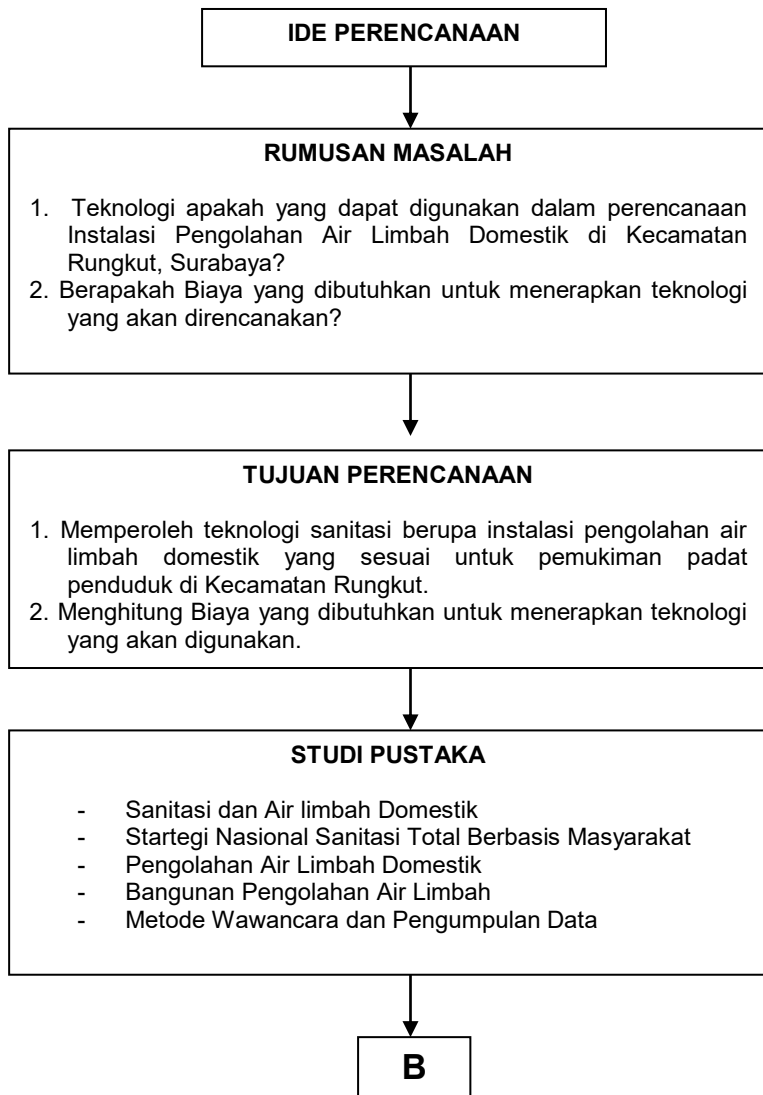
## BAB IV

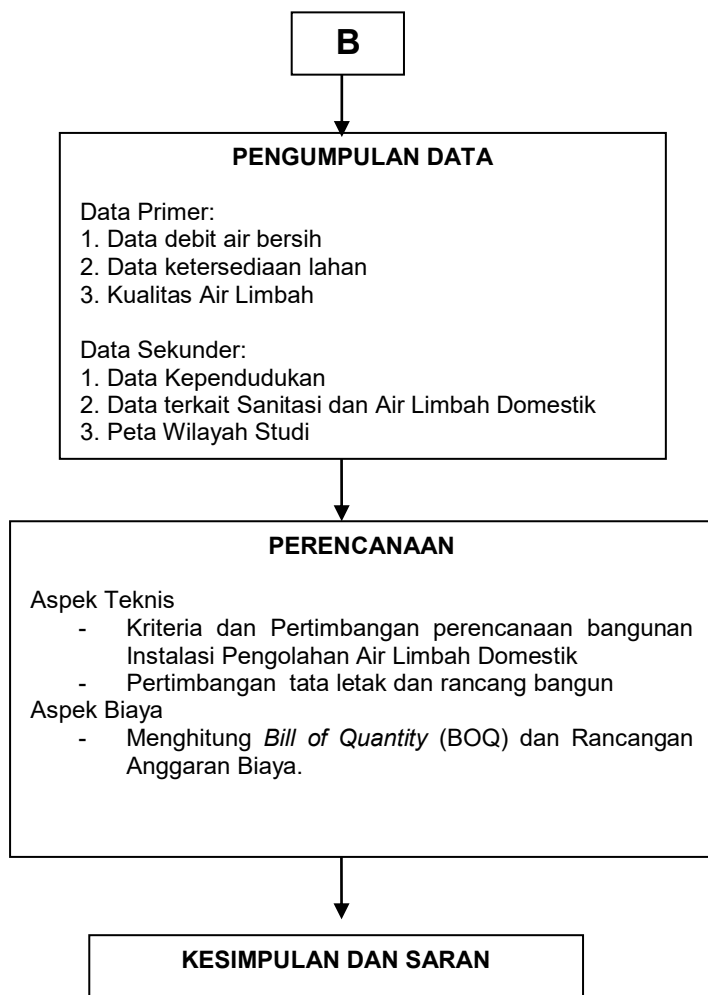
### METODE PERENCANAAN

#### 4.1 Kerangka Perencanaan

Kerangka perencanaan adalah dasar pemikiran yang digunakan untuk mengetahui tahapan – tahapan secara sistematis yang akan dilakukan dalam kegiatan perencanaan. Adanya kerangka perencanaan ini diharapkan dapat mempermudah dalam tiap tahapan perencanaan yang akan dilakukan. Kerangka Perencanaan dapat dilihat pada Gambar 4.1.







*Gambar 4.1 Kerangka Perencanaan*

## **4.2 Tahapan Perencanaan**

Tahapan Perencanaan berisi tentang ide perencanaan, studi pustaka, pengumpulan data primer dan sekunder, analisis data dari aspek biaya dan teknis, serta kesimpulan dan saran.

### **4.2.1 Ide Perencanaan**

Ide perencanaan ini didapatkan setelah membandingkan kondisi eksisting dengan kondisi ideal dari wilayah perencanaan yaitu wilayah Kecamatan Rungkut.

### **4.2.2 Studi Pustaka**

Studi pustaka dalam perencanaan ini berfungsi untuk membantu memahami konsep serta mendukung perencanaan yang akan di lakukan. Studi pustaka didapatkan dari buku / *handbook*, jurnal nasional maupun internasional, artikel *review*, peraturan / kebijakan pemerintah, laporan tugas akhir, dan thesis.

### **4.2.3 Pengumpulan Data**

#### **A. Pengumpulan Data Primer**

Data primer merupakan data yang langsung didapatkan berdasarkan pengamatan (obeservasi lapangan), wawancara serta pengambilan sampel dan pengujian pada laboratorium. Kegiatan pengamatan atau observasi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi eksisting. Sementara hasil wawancara digunakan sebagai bahan untuk identifikasi permasalahan dengan lebih terbuka dan mendalam. Pengambilan sampel dilakukan untuk mendapatkan kualitas air limbah domestik. Sampel *blackwater* dan *greywater* diambil langsung pada outlet dari rumah tangga yaitu 1 sampel mewakili 1 lokasi perencanaan. Pengambilan sampel akan dilakukan pada *peak time* yaitu pada pukul 06.00-09.00 pada *weekday* dimana masyarakat cenderung melakukan aktifitas yang berpotensi menghasilkan air limbah domestik paling besar.

Wawancara dilakukan dengan memberikan kuesioner pada masyarakat menggunakan tipe pertanyaan tertutup atau menggunakan pertanyaan dengan pilihan ganda pada opsi jawabannya untuk dapat mempermudah dalam melakukan rekapitulasi data. Wawancara dilakukan guna mendapatkan data

konsumsi air bersih serta ketersediaan lahan di lokasi perencanaan.

## B. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan melalui pustaka maupun lembaga terkait, berupa data terkait BABS, STBM. Rincian data sekunder yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 4.1

*Tabel 4.1 Rincian Data Sekunder Yang Dibutuhkan*

Instansi / Dinas	Data / Dokumen	Kebutuhan
BAPPEKO	Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Rencana Detail Tata Ruang Kecamatan (RDTRK)	Mengetahui rencana pengembangan bidang sanitasi (peta wilayah) Mengetahui kondisi dan potensi daerah perencanaan dan rencana pengembangan sanitasi (peta wilayah).
Dinas Kesehatan	Profil STBM	Mengetahui konsisi eksisting dan capaian STBM
	Rencana Strategis (Renstra) STBM	Mengetahui strategi STBM
Badan Pusat Statistik	Surabaya dalam Angka	Jumlah Penduduk, Kepadatan wilayah, dan kondisi eksisting wilayah perencanaan
	Kecamatan Rungkut dalam Angka	
Puskesmas	Profil Sanitasi	Mengetahui Kondisi eksisting sanitasi air limbah di Kecamatan Rungkut

### 4.2.4 Perencanaan

Perencanaan dilakukan setelah mendapatkan data yang dibutuhkan baik data primer maupun data sekunder.

Perencanaan ini berfokus pada pembangunan teknologi sanitasi berupa instalansi pengolahan air limbah domestik guna membebaskan masyarakat Kecamatan Rungkut dalam buang air besar sembarangan. Perencanaan meliputi aspek teknis dan aspek biaya. Aspek teknis akan dijelaskan tentang kriteria perencanaan bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik, pertimbangan tata letak dan perencanaan desain unit pengolahan berdasarkan dari kualitas air limbah yang mengacu pada hasil uji laboratorium untuk sampel sesuai dengan parameter air limbah. Sementara pada aspek biaya akan dihitung *bill of quantity* (BOQ) dan rancangan anggaran biaya (RAB) yang disesuaikan dengan harga satuan pokok kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2015.

#### **4.2.5 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dan saran diperoleh berdasarkan hasil analisis pada aspek teknis dan biaya pada perencanaan.

## **BAB V**

### **HASIL PERENCANAAN**

#### **5.1 Hasil Survei**

Survei yang dilakukan meliputi survei terhadap masyarakat pada wilayah perencanaan dan juga survei terhadap lokasi wilayah perencanaan.

##### **5.1.1 Hasil Wawancara**

Pengisian kuesioner dilakukan dengan metode wawancara kepada responden. Responden dipilih secara acak di lokasi yang terdata masih banyak melakukan buang air besar sembarangan. Perhitungan responden yang dibutuhkan menggunakan metode *slovin* dengan jumlah populasi 300KK karena akan direncanakan IPAL komunal tipikal 100KK untuk tiap wilayahnya yaitu:

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$
$$n = \frac{300}{1 + 300 \times (0,1)^2}$$
$$= 75 \text{ KK}$$

Asumsi yang digunakan adalah 1 rumah mewakili 1 KK, dan 1 KK diwakili oleh 1 orang, maka jumlah rumah yang harus di survei pada tiap wilayah adalah sebanyak 25 rumah. Responden di Kelurahan Kalirungkut adalah 25 orang warga RT 5 RW 3. Responden di Kelurahan Kedung Baruk adalah 25 orang warga RT 3 RW 4. Responden di Kelurahan Penjaringan Sari adalah 25 orang warga RT 3 RW 3. Kuesioner ini mentikberatkan pada berapa banyak jumlah konsumsi air bersih dan pemanfaatan terhadap air bersih tersebut, yang kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan debit rata-rata konsumsi air bersih wilayah perencanaan yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Berdasarkan data yang didapatkan, masyarakat Kecamatan Rungkut menggunakan air bersih untuk keperluan mandi, cuci, kakus, dan memasak sedangkan untuk air minumannya menggunakan air minum kemasan. Sehingga didapatkan debit air limbah adalah 80% dari debit penggunaan air bersih.



*Tabel 5.1 Debit Konsumsi Air Bersih Kecamatan Rungkut*

KECAMATAN	Jumlah Orang dalam 1 Rumah	Rata-rata pemakaian air m3/bulan	Rata-rata pemakaian air per jiwa (m3/bulan)	Rata-rata pemakaian air per jiwa (liter/bulan)	Rata-rata pemakaian air per jiwa (liter/hari)
RUNGKUT	4	19.5	5.0	4980.89	177.89

Debit air bersih = 177,89 L/org/hari

Persentase air limbah terhadap air bersih = 80%

Debit Air Limbah =  $80\% \times 177,89 \text{ l/org/hari}$

= 142,31 L/org/hari

Pelayanan = 100 KK

Wilayah perencanaan merupakan wilayah perkampungan padat penduduk sehingga tidak dilakukan perhitungan proyeksi penduduk karena dianggap pertumbuhan penduduk yang terjadi akan sangat kecil. Namun, pada perhitungan unit IPAL digunakan jumlah 1 KK = 5 orang. Sehingga, jumlah penduduk yang akan dilayani oleh 1 IPAL adalah 500 orang.

Debit Air Limbah =  $142,31 \text{ L/org/hari} \times 500 \text{ Orang}$

= 71156 L/hari

=  $71,15 \text{ m}^3/\text{hari}$

=  $2,96 \text{ m}^3/\text{jam}$

### 5.1.2 Hasil Survei Lokasi Perencanaan

Kegiatan survei lokasi yang dilakukan mendapatkan hasil berupa lokasi perencanaan penempatan unit IPAL pada 3 kelurahan wilayah perencanaan.

- Wilayah RT 5 RW 3 Kelurahan Kalirungkut  
Ditempatkan di Jalan Bakung 2 dengan lebar jalan 4 meter
- Wilayah RT 3 RW 4 Kelurahan Kedung Baruk

Ditempatkan di lahan fasilitas umum (fasum) di Jalan Kedung Baruk Beringin milik RW 4, dengan luas lahan 5 meter x 24 meter

- c. Wilayah RT 3 RW 3 Kelurahan Penjaringan Sari  
Ditempatkan di Jalan Kendal Sari 1 dengan lebar jalan 3.8 meter

Kegiatan survey lokasi dan wawancara dapat dilihat pada Lampiran 2.

## 5.2 Hasil Penelitian Laboratorium

Berdasarkan hasil analisa laboratorium yang dilakukan terhadap sampel air limbah domestik yang dilakukan selama 3 minggu sebanyak 1 minggu sekali pada 3 lokasi didapatkan data rata-rata karakteristik air limbah domestik *blackwater* dan *greywater* Kecamatan Rungkut yang dapat dilihat pada Tabel 5.2

*Tabel 5.2 Karakteristik Air Limbah Domestik Blackwater dan Greywater Kecamatan Rungkut*

KECAMATAN	PARAMETER (mg/L)			pH
	BOD	COD	TSS	
RUNGKUT	575.4	983.2	502.2	7.4

## 5.3 Perencanaan Pemilihan Teknologi

Berdasarkan hasil analisa laboratorium terhadap sampel yang dilakukan , didapatkan hasil yaitu:

BOD = 575 mg/L  
COD = 983 mg/L  
TSS = 502 mg/L

Dengan demikian dapat diketahui bahwa rasio BOD/COD dari sampel air limbah Kecamatan Rungkut adalah 0,585. Dalam pemilihan untuk teknologi yang akan digunakan dibutuhkan berbagai faktor penyeleksi yang meliputi kemudahan dalam pengoperasian, luas lahan yang tersedia, kemudahan dalam

pemeliharaan. Pemilihan teknologi menggunakan matriks pemilihan teknologi yang dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Berdasarkan matriks pemilihan teknologi didapati bahwa unit *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) merupakan unit yang paling mudah dalam pengoperasian, pemeliharaan dan peletakannya. Sehingga dipilihlah unit ABR sebagai unit pengolahan air limbah pada perencanaan ini.

Tabel 5.3 Matriks Pemilihan Teknologi

Matriks Pemilihan Teknologi							
UNIT	PENGOPERASIAN	PEMELIHARAAN	EFISIENSI	BIAYA	PELETAKAN	KELEBIHAN	KEKURANGAN
<b>Anaerobic Baffle Reactor</b>	tidak membutuhkan tenaga pengoperasian dengan kemampuan khusus (**)	dibutuhkan pengurusan tiap 2-3 tahun sekali (*)	BOD = 70% - 95%	biaya pengoperasian dan pemeliharaan murah (****)	Mudah dalam peletakan karena memungkinkan ditanam dibawah jalan (****)	stabil dan tahan terhadap <i>hydraulic</i> dan <i>organik shock loading</i> (*)	Membutuhkan waktu start up yang lama antara 8-12 minggu (*)
			COD = 65% - 90%				
			TSS = 80% - 90%				
<b>Anaerobic Biofilter</b>	Membutuhkan tenaga pengoperasian dengan kemampuan khusus (****)	dibutuhkan pengurusan tiap 2-3 tahun sekali dan dibutuhkan pembersihan terhadap media biofilter (*)	BOD = 78% - 84%	biaya pengoperasian dan pemeliharaan murah (****)	Mudah dalam peletakan karena memungkinkan ditanam dibawah jalan (****)	stabil dan tahan terhadap <i>hydraulic</i> dan <i>organik shock loading</i> (*)	Membutuhkan waktu start up yang lama antara 6-9 bulan untuk menstabilkan biomassa (*)
			COD = 73% - 79%				
			TSS = 83% - 90%				
<b>Aerobic Biofilter</b>	Diperlukan energi listrik untuk mengoperasikan blower udara, Membutuhkan tenaga pengoperasian dengan kemampuan khusus (***)	dibutuhkan pembersihan terhadap media biofilter, dibutuhkan pemeliharaan terhadap blower udara (**)	BOD = 78% - 95%	biaya pengoperasian dan pemeliharaan tinggi karena adanya penggunaan energi listrik untuk pengoperasian blower (***)	Membutuhkan Lahan khusus tambahan untuk peletakan mesin blower (***)	Effluen yang dihasilkan lebih jernih, karena efisiensi removal lebih tinggi (**)	Membutuhkan <i>primary treatment</i> untuk mereduksi padatan, untuk menghindari clogging pada media, lumpur yang dihasilkan banyak (***)
			COD = 50% - 90%				
			TSS = 86% - 95%				

Keterangan:

(\*) = Sasse, 1998

(\*\*) = TTPS, 2010

(\*\*\*\*) = SNI Pd-T-04-2005-C

(\*\*\*\*)= PU, 2012

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



## 5.4 Perhitungan Desain IPAL

Unit pengolahan yang akan digunakan adalah unit *Annaerobic baffled reactor* (ABR). Perhitungan yang digunakan mengacu pada literatur Sasse, L (2009). ABR secara perhitungan dibagi menjadi 2 yaitu bagian tangki pengendap dan bagian kompartemen.

### 5.4.1 Perhitungan Tangki Pengendap *Diketahui:*

$$\begin{aligned} Q \text{ air limbah} &= 71,15 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{BOD influen} &= 575,42 \text{ mg/l} = 0,58 \text{ kg/ m}^3 \\ \text{Massa BOD} &= Q \times \text{BOD influen} \\ &= 40,94 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD influen} &= 983,25 \text{ mg/l} = 0,98 \text{ kg/ m}^3 \\ \text{Massa COD} &= Q \times \text{COD influen} \\ &= 69,96 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

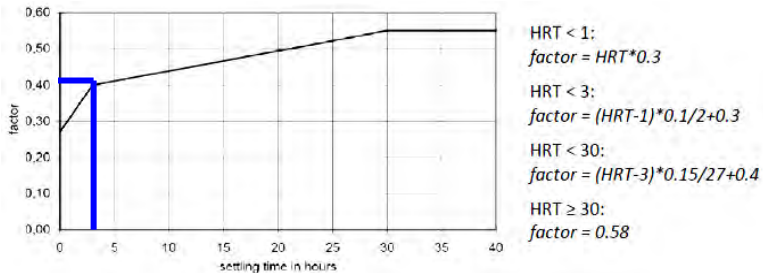
$$\begin{aligned} \text{TSS influen} &= 502,22 \text{ mg/l} = 0,50 \text{ kg/ m}^3 \\ \text{Massa TSS} &= Q \times \text{TSS influen} \\ &= 34,74 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

*Direncanakan:*

$$\begin{aligned} \text{Waktu Pengaliran} &= 24 \text{ Jam} \\ \text{Td Tangki pengendap (} \textit{tangki pengendap} \text{)} &= 3 \text{ jam} \\ \text{SS/COD} &= 0,4 \\ \text{HRT} &= 11 \text{ jam} \\ \text{HLR} &= 37 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hari} \\ \text{Suhu} &= 30 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### 5.4.1.1 Perhitungan COD Removal

Pada ABR bak atau kompartemen pertama berlaku sebagai tangki pengendap, untuk mendapatkan dimensi dari tangki pengendap pada unit ABR dilakukan perhitungan COD removal. Faktor yang digunakan untuk mendapatkan persentase removal COD didapatkan dari grafik pada Gambar 5.1



**Gambar 5.1 Faktor COD removal di tangki pengendapan**

Sumber : Sasse, L, 2009

**Diketahui :**

Waktu detensi pada tangki pengendap = 3 Jam

Maka, digunakan faktor HRT < 30

$(HRT - 3) \times 0,15/27 + 0,4$

**Faktor COD removal di tangki pengendap:**

$= (4 - 3) \times 0,15/27 + 0,4$

$= 0,41$

**Persentase removal COD di tangki pengendap:**

$= ((SS/COD) \times \text{faktor removal COD}) / 0,6$

$= ((0,4) \times 0,406) / 0,6$

$= 27,04\%$

**COD teremoval di tangki pengendap:**

$= \text{COD influen} \times \text{persentase removal COD}$

$= 983,25 \text{ mg/l} \times 27,04\%$

$= 265,84 \text{ mg/l}$

**COD effluen dari tangki pengendap:**

$= \text{COD influen} - \text{COD teremoval}$

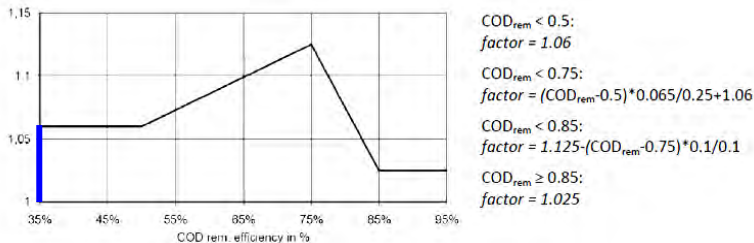
$= 983,25 \text{ mg/l} - 265,84 \text{ mg/l}$

$= 717,41 \text{ mg/l}$



#### 5.4.1.2 Perhitungan BOD Removal

Setelah didapatkan persentase removal COD pada tangki pengendapan maka dapat diketahui faktor removal untuk BOD di tangki pengendapan dengan menggunakan faktor pada Gambar 5.2



Gambar 5.2 Faktor Removal BOD terhadap Removal COD

Sumber : Sasse, L, 2009

Diketahui:

Persentase COD removal = 27,04 %

Maka digunakan faktor COD removal < 0,5

Faktor = 1,06

*Persentase removal BOD:*

= faktor efisiensi removal BOD x persentase removal COD

= 1,06 x 27,04%

= 28,66 %

*BOD teremoval di tangki pengendap:*

= BOD influen x persentase removal BOD

= 575,421 mg/l x 28,66 %

= 164,91 mg/l

*BOD effluen dari tangki pengendap:*

= BOD influen – BOD teremoval

= 575,42 mg/l – 164,91 mg/l

= 410,51 mg/l

#### 5.4.1.3 Perhitungan Dimensi

Pada perhitungan dimensi tangki pengendapan lebar dan tinggi telah direncanakan untuk dapat menyesuaikan dengan lokasi dimana IPAL akan ditempatkan pada wilayah perencanaan.

*Direncanakan:*

H (kedalaman) = 2 m  
Lebar = 2 m  
Td tangki pengendap = 3 Jam

*Dihitung:*

$$\begin{aligned} V \text{ ruang Lumpur} &= (\text{BOD}_{in} - \text{BOD}_{ef}) / 1000 \times Q \\ &= (575,42 - 410,51) / 1000 \times 71,15 \times 12 \times 30 \\ &= 14 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= Q \times \text{Td tangki pengendap} \\ &= (71,15 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam/hari}) \times 3 \text{ jam} \\ &= 2,9 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ jam} \\ &= 8,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Volume} &= V \text{ ruang lumpur} + V \text{ air} \\ &= 14 + 8,9 \\ &= 22,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{surface}} &= \text{Volume} / H \\ &= 22,9 \text{ m}^3 / 2 \text{ m} \\ &= 11,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= A_{\text{surface}} / \text{Lebar rencana} \\ &= 11,5 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} \\ &= 5,7 \text{ m} \approx 6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As cek} &= \text{Panjang} \times \text{lebar} \\ &= 6 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 12 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

### 5.4.2 Perhitungan Kompartemen

Dalam perhitungan Kompartemen panjang dan kedalaman dari kompartemen mengikuti ukuran lebar dan kedalaman dari tangki pengendap.

*Diketahui:*

$$\begin{aligned}\text{BOD influen kompartemen} &= \text{BOD effluen tangki pengendap} \\ &= 410,51 \text{ mg/l} = 0,41 \text{ kg/ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa BOD} &= Q \times \text{BOD influen} \\ &= 29,21 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD influen kompartemen} &= \text{COD effluen tangki pengendap} \\ &= 717,41 \text{ mg/l} = 0,72 \text{ kg/ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa COD} &= Q \times \text{BOD influen} \\ &= 51,05 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

#### 5.4.2.1 Perhitungan Dimensi Kompartemen

$$\begin{aligned}\text{Panjang Kompartemen} &= \text{Lebar tangki pengendapan} \\ &= 2 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A \text{ surface} &= Q / \text{HLR} \\ &= 71,16 \text{ m}^3/\text{hari} / 37 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \\ &= 1,92 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lebar Kompartemen} &= A \text{ surface} / \text{panjang kompartemen} \\ &= 1,92 \text{ m}^2 / 2 \text{ m} \\ &= 0,96 \text{ m} \approx 1 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As cek} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \\ &= 2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 2 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek Vup} &= Q / \text{As cek} \\ &= (71,16 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam/hari}) / 2 \text{ m}^2 \\ &= 1,5 \text{ m/jam} = \text{OK! (Kriteria} = < 2 \text{ m/jam)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H \text{ total} &= \text{HRT} \times \text{HLR} \\ &= 11 \text{ jam} \times (37 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} / 24 \text{ jam/hari}) \\ &= 16,958 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Kompartemen} &= H \text{ total} / H \text{ tangki pengendap} \\ &= 16,958 \text{ m} / 2 \text{ m} \\ &= 8 \text{ buah kompartemen}\end{aligned}$$

Desain tampak ABR dapat dilihat pada Lampiran 3, dan untuk desain potongan melintang (A-A) dan membujur (B-B) dapat dilihat pada Lampiran 4 dan 5.

$$\begin{aligned}\text{Cek HRT} &= (\text{Jumlah kompartemen} \times V \text{ kompartemen}) / Q \\ &= (8 \times (1,95 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m})) / (71,16 \text{ m}^3/\text{hari} / 24 \text{ jam/hari}) \\ &= (8 \times 3,9) / 2,9 \\ &= 11 \text{ jam} = \text{OK! (Kriteria} = \geq 8 \text{ jam)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek HLR} &= Q / A_{\text{surface}} \\ &= 71,16 \text{ m}^3/\text{hari} / 2 \text{ m}^2 \\ &= 35,6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek OLR} &= \text{Massa COD influen kompartemen} / (V \text{ kompartemen} \\ &\quad \times \text{jumlah kompartemen}) \\ &= 49,93 \text{ kg} / \text{hari} / ((2 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}) \times 8) \\ &= 49,93 / (3,9 \times 8) \\ &= 1,6 \text{ Kg COD} / \text{m}^3 \cdot \text{Hari} = \text{OK!} (< 3 \text{ Kg COD} / \text{m}^3 \cdot \text{Hari})\end{aligned}$$

Cek OLR terhadap debit peak, dibutuhkan untuk mengetahui apakah ABR masih dapat menerima dan mengolah beban organik ketika dalam keadaan debit jam puncak (*peak*).

Diketahui:

$$\text{Faktor Peak} = \frac{5}{P^{0.2}}$$

Dimana: P = jumlah terlayani

Maka:

$$\text{Faktor peak} = \frac{5}{500^{0.2}}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit peak} &= 1,44 \\ &= 4,28 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 102,65 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek OLR} &= \text{Massa COD influen kompartemen} / (\text{V kompartemen} \times \text{jumlah kompartemen}) \\
 &= (0,72 \text{ kg/m}^3 \times 102,65 \text{ m}^3/\text{hari}) / ((2 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}) \times 8) \\
 &= 73,6 \text{ kg/hari} / 33,48 \text{ m}^3 \\
 &= 2,3 \text{ Kg COD / m}^3 \cdot \text{Hari} = \text{OK!} (< 3 \text{ Kg COD / m}^3 \cdot \text{Hari})
 \end{aligned}$$

Didapatkan bahwa nilai OLR apabila ABR menerima debit puncak masih memenuhi kriteria desain, yaitu 2,3 Kg COD / m<sup>3</sup>.hari. Dengan demikian, desain ABR dinyatakan tetap mampu melakukan pengolahan dengan baik, walaupun dalam kondisi debit puncak.

#### 5.4.2.2 Perhitungan BOD Removal

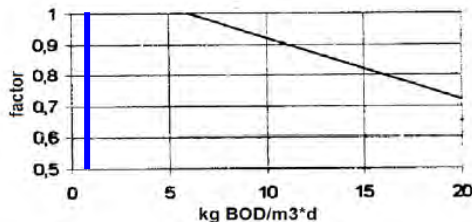
Persentase removal BOD didapatkan dari hasil perkalian faktor OLR, BOD strength, Temperatur, Jumlah Kompartemen, dan HRT.

*Diketahui:*

$$\begin{aligned}
 \text{OLR BOD} &= \text{Massa BOD influen Kompartemen} / (\text{V Kompartemen} \times \text{jumlah Kompartemen}) \\
 &= 29,21 \text{ Kg/ hari} / ((2 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m}) \times 8) \\
 &= 0,88 \text{ Kg BOD / m}^3 \cdot \text{Hari}
 \end{aligned}$$

Karena OLR BOD = 0,86 Kg BOD / m<sup>3</sup>. Hari maka digunakan faktor < 6 Kg BOD / m<sup>3</sup>. hari pada Gambar 5.3 yaitu 1

Sehingga Faktor OLR BOD = 1



load < 6 kg/m<sup>3</sup>\*d:

factor = 1.00

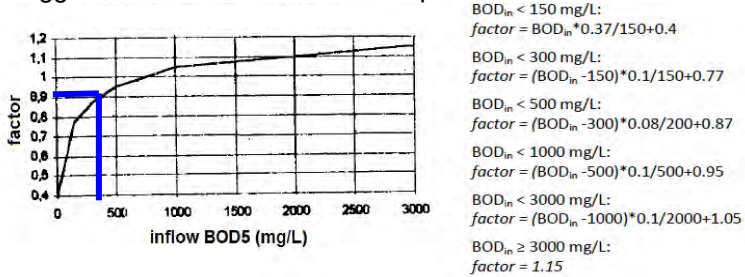
load ≥ 6 kg/m<sup>3</sup>\*d:

factor = 1 - (load - 6) \* 0.28 / 14

Gambar 5.3 Faktor OLR BOD

Sumber : Sasse, L, 2009

Faktor BOD Strength didapatkan melalui Gambar 5.4 dengan menggunakan nilai BOD influen kompartemen



Gambar 5.4 Faktor BOD Strength

Sumber : Sasse, L, 2009

Diketahui:

BOD influen = 410,51 mg/l

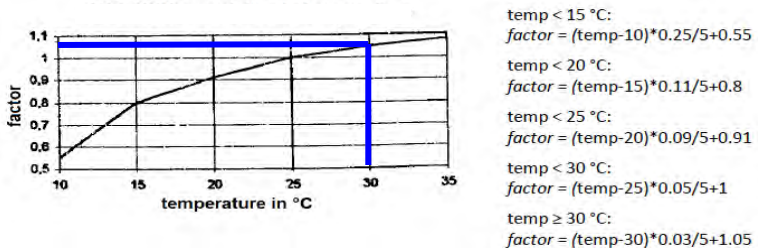
Maka, digunakan faktor BOD5 < 500 mg/l

Faktor =  $(BOD_{in} - 300) \times 0,08 / 200 + 0,87$

$$\begin{aligned} \text{Faktor BOD Strength} &= (410,51 \text{ mg/l} - 300) \times 0,08 / 200 + 0,87 \\ &= 0,914 \end{aligned}$$

Sehingga Faktor BOD Strength = 0,914

Faktor Temperatur didapatkan pada Gambar 5.5 dengan menggunakan nilai temperatur yaitu 30°C



Gambar 5.5 Faktor BOD Removal terhadap Temperatur

Sumber : Sasse, L, 2009

*Diketahui:*

Temperatur = 30°C

Maka, faktor yang digunakan adalah  $\text{temp} \geq 30^\circ\text{C}$

Faktor =  $(\text{temp} - 30) \times 0,03/5 + 1,05$

Faktor Temperatur =  $(30-30) \times 0,03/5 + 1,05$   
= 1,05

Sehingga Faktor Temperatur = 1,05

Faktor Jumlah Kompartemen didapatkan pada Gambar 5.6 dengan menggunakan nilai jumlah kompartemen yaitu 9 buah.

*Diketahui:*

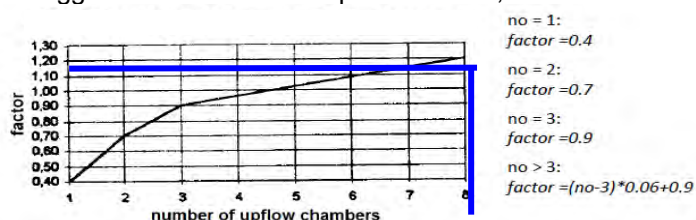
Jumlah Kompartemen = 8 buah

Maka, faktor yang digunakan adalah  $\text{no} > 3$

Faktor =  $(\text{no}-3) \times 0,06 + 0,9$

Faktor Jumlah Kompartemen =  $(8-3) \times 0,06 + 0,9$   
= 1,23

Sehingga Faktor Jumlah Kompartemen = 1,23



Gambar 5.6 Faktor BOD Removal terhadap Jumlah Kompartemen

Sumber : Sasse, L, 2009

Faktor HRT didapatkan melalui grafik faktor BOD removal relatif terhadap HRT pada Gambar 5.7 dengan menggunakan nilai HRT yaitu 11 jam.

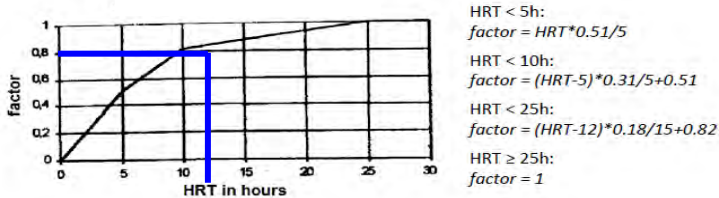
*Diketahui:*

HRT = 11 Jam

Maka, faktor yang digunakan adalah  $\text{HRT} < 25\text{h}$

$$\begin{aligned}\text{Faktor} &= (\text{HRT}-12) \times 0,18/15+0,82 \\ \text{Faktor HRT} &= (11-12) \times 0,18/15+0,82 \\ &= 0,805\end{aligned}$$

Sehingga Faktor HRT = 0,805



Gambar 5.7 Faktor BOD Removal terhadap HRT

Sumber : Sasse, L, 2009

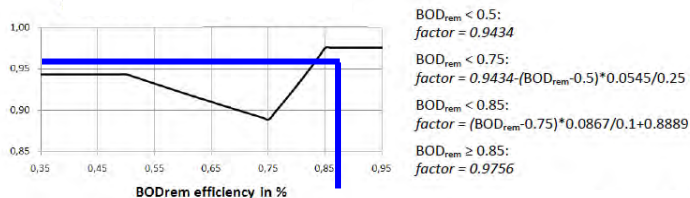
Dengan demikian, didapatkan 5 faktor untuk efisiensi removal BOD di kompartemen

- Faktor OLR BOD = 1
- Faktor BOD Strength = 0,914
- Faktor Temperatur = 1,05
- Faktor Jumlah Kompartemen = 1,23
- Faktor HRT = 0,805

$$\begin{aligned}\text{Maka, Efisiensi removal BOD} &= 1 \times 0,914 \times 1,05 \times 1,23 \times 0,805 \\ &= 95,30\%\end{aligned}$$

#### 5.4.2.3 Perhitungan COD Removal

Faktor COD Removal didapatkan menggunakan grafik efisiensi rasio removal COD terhadap BOD removal yang dapat dilihat pada Gambar 5.8



Gambar 5.8 Faktor Efisiensi Rasio COD Removal Terhadap BOD Removal

Sumber : Sasse, L, 2009



*Diketahui:*

BOD Removal = 95,30%

Maka, faktor yang digunakan adalah BOD rem  $\geq 0,85$

Faktor = 0,9756

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Removal COD} &= \text{Faktor} \times \text{Efisiensi BOD} \\ &= 0,9756 \times 95,30 \% \\ &= 92,98\%\end{aligned}$$

#### **5.4.3 Total Removal Pada Unit ABR**

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan persentase efisiensi removal pada kompartemen ABR

- Efisiensi Removal BOD = 95,30%
- Efisiensi Removal COD = 92,98%

*BOD teremoval di Kompartemen:*

$$\begin{aligned}&= \text{BOD influen} \times \text{persentase removal BOD} \\ &= 410,51 \text{ mg/l} \times 95,30 \% \\ &= 391,23 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

*BOD effluen dari Kompartemen:*

$$\begin{aligned}&= \text{BOD influen} - \text{BOD teremoval} \\ &= 410,51 \text{ mg/l} - 391,23 \text{ mg/l} \\ &= 19,28 \text{ mg/l} = \text{OK! (Baku mutu 30 mg/l)}\end{aligned}$$

*COD teremoval di Kompartemen:*

$$\begin{aligned}&= \text{BOD influen} \times \text{persentase removal BOD} \\ &= 717,41 \text{ mg/l} \times 92,98 \% \\ &= 667,03 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

*BOD effluen dari Kompartemen:*

$$\begin{aligned}&= \text{BOD influen} - \text{BOD teremoval} \\ &= 717,41 \text{ mg/l} - 667,03 \text{ mg/l} \\ &= 50 \text{ mg/l} = \text{OK! (Baku mutu 50mg/l)}\end{aligned}$$

Maka, Total Removal pada unit ABR adalah:

$$\text{Total Removal BOD} = \text{BOD in} - \text{BOD out}$$

$$= 575,42 \text{ mg/l} - 19,28 \text{ mg/l}$$

$$= 556,14 \text{ mg/l}$$

Total Persentase Removal BOD:

$$= (\text{BOD in} - \text{BOD out}) / \text{BOD in}$$

$$= (575,42 - 19,28) / 575,42$$

$$= 96,65\%$$

Total Removal COD = COD in – COD out

$$= 983,25 \text{ mg/l} - 50 \text{ mg/l}$$

$$= 932,87 \text{ mg/l}$$

Total Persentase Removal COD:

$$= (\text{COD in} - \text{COD out}) / \text{COD in}$$

$$= (983,25 - 50) / 932,87$$

$$= 94,88\%$$

## 5.5 Profil Hidrolis

Pada Perhitungan Profil Hidrolis, dilakukan perhitungan headloss untuk dapat mengetahui besar tekanan yang hilang ketika air limbah melalui pipa tiap kompartemen.

*Diketahui:*

C pipa PVC = 150 (McGhee , 1991)

L = 2,28 m (Gambar 5.9)

Jumlah Pipa (direncanakan) = 4

Q = 0,00082 m<sup>3</sup>/dt

Q per pipa = 0,00021 m<sup>3</sup>/dt

$$= 0,2059 \text{ l/dt}$$

Diameter Pipa (direncanakan) = 81,4 mm

$$= 8,14 \text{ cm}$$

$$= 0,0814 \text{ m}$$

A pipa =  $\phi \times r \times r$

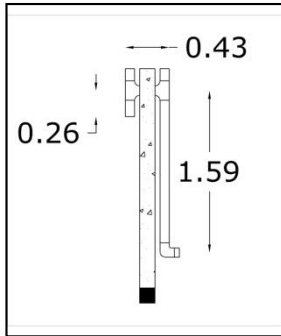
$$= 3,14 \times (8,14/2)^2$$

$$= 0,0052 \text{ m}^2$$

V = Q/A

$$= 0,0002 \text{ m}^3/\text{dt} / 0,0052 \text{ m}^2$$

$$= 0,04 \text{ m/dt}$$



Gambar 5.9 Pipa Kompartemen

$$H_f \text{ Total} = H_f \text{ Mayor} + H_f \text{ Minor} + \frac{v^2}{2g}$$

$$H_f \text{ Mayor} = \left[ \frac{Q}{0,2782 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

Dimana:

Q = Debit air limbah (m<sup>3</sup>/dt)

C = Koefisien kekasaran pipa

D = Diameter (m)

L = panjang pipa (m)

$$H_f \text{ Mayor} = \left[ \frac{0,0002}{0,2782 \times 150 \times 0,0814^{2,63}} \right]^{1,85} \times 2,28$$

$$= 0,0000723\text{m}$$

$$H_f \text{ Minor} = K \times \frac{v^2}{2g}$$

Aksesoris yang digunakan adalah Tee dan elbow 90°

*Diketahui:*

K Tee = 0,9

Jumlah Tee = 2

K = 2 x 0,9

$$= 1,8$$

$$\begin{aligned}\text{Hf Minor Tee} &= K \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 1,8 \times \frac{0,04^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,00014 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{K Elbow} &= 1,5 \\ \text{Jumlah Elbow} &= 1 \\ \text{K} &= 1 \times 1,5 \\ &= 1,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hf Minor Elbow} &= K \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 1,5 \times \frac{0,04^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,00012 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hf Total} &= \text{Hf Mayor} + \text{Hf Minor} + \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,0000723\text{m} + (0,00014 \text{ m} + 0,00012 \text{ m}) + \left( \frac{0,04^2}{2 \times 9,81} \right) \\ &= 0,0004\text{m}\end{aligned}$$

Maka, Hf Total per kompartemen adalah 0,0004m dan Hf total pada 8 kompartemen adalah 0,003m. Profil hidrolis pada tiap kompartemen dapat dilihat pada Lampiran 6.

## 5.6 Perhitungan Lumpur

Perhitungan produksi lumpur dibutuhkan guna mengetahui berapa volume dan ketinggian lumpur di dalam unit ABR dalam selama rentang waktu pengurasan yang telah direncanakan yaitu selama 2 tahun atau 24 bulan.

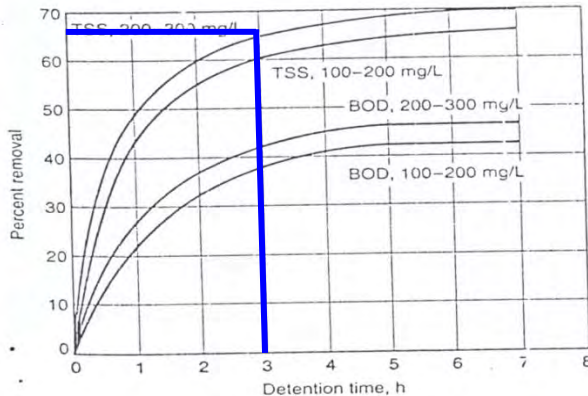
*Diketahui:*

$$\begin{aligned}\text{Q air limbah} &= 71,15 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{TSS influen} &= 502,22 \text{ mg/l} = 0,50 \text{ kg/ m}^3 \\ \text{Massa TSS} &= \text{Q} \times \text{TSS influen} \\ &= 35,74 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

### 5.6.1 Produksi Lumpur di Tangki pengendap

Waktu Detensi Pada Tangki pengendap = 3 jam

Maka, didapatkan persentase removal pada tangki pengendap yaitu 65% yang dapat dilihat pada Gambar 5.9



Gambar 5.10 Persentase Removal berdasarkan waktu tinggal Pada Tangki pengendap.

TSS Teremoval pada tangki pengendap

= TSS influen x persen removal

= 502,22 mg/l x 65%

= 326,44 mg/l

= 0,33 kg/ m<sup>3</sup>

= 23,23 kg/hari

TSS effluent tangki pengendap = TSS influen – TSS teremoval

= 502,22 mg/l – 326,44 mg/l

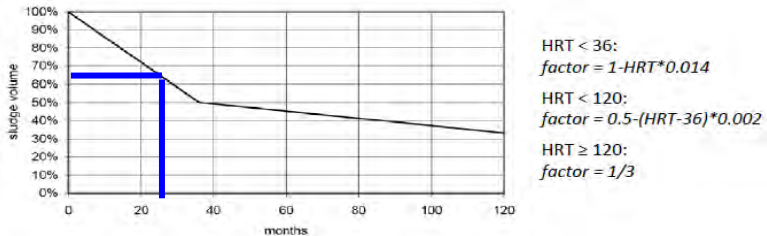
= 175,78 mg/l

= 0,18 kg/ m<sup>3</sup>

= 12,51 kg/hari

Setelah teremoval pada tangki pengendap, TSS kemudian akan menjadi lumpur yang massanya akan tersusut kemudian

stabil. Persentase penyusutan lumpur didapatkan dari grafik reduksi lumpur selama penyimpanan pada Gambar 5.10.



Gambar 5.11 Persentase Reduksi Lumpur Selama Penyimpanan.

Waktu Pengurasan = 24 bulan

Maka, digunakan HRT < 36

Faktor,  $1 - \text{HRT} \times 0,014$

Persentase Sludge Tersusut =  $(1 - 24) \times 0,014$   
= 66,40%

Persentase Sludge Stabil = 100% - Persentase sludge tersusut  
= 33,60%

Kadar Solid Lumpur = 5%

Total Sludge pada tangki pengendap

= TSS teremoval pada tangki pengendap x waktu pengurasan

=  $23,23 \text{ kg/hari} \times ((24 \text{ bulan}/12\text{bulan/tahun}) \times 365 \text{ hari/tahun})$

= 16956,29 kg/ 2 tahun

Total Sludge Tersusut Pada Tangki pengendap

= Total Sludge pada tangki pengendap x persentase sludge tersusut

=  $16956,26 \text{ kg/2 tahun} \times 66,40\%$

= 11258,97 kg/2 tahun

Total Sludge Stabil Pada Tangki pengendap

= Total Sludge pada tangki pengendap - Total Sludge Tersusut

=  $16956,26 \text{ kg/ 2 tahun} - 11258,97 \text{ kg/2 tahun}$

= 5697,31 kg/2 tahun

Massa Jenis Lumpur

$$= ((\text{Kadar Solid Lumpur} \times 2,65) + ((100\% - \text{Kadar Solid Lumpur}) \times 1)) \times 100\%$$

$$= ((5\% \times 2,65) + (100\% - 5\%) \times 1) \times 100\%$$

$$= 1,08 \text{ kg/l}$$

$$V \text{ lumpur} = \text{Total Sludge Stabil} / \text{Massa Jenis Lumpur}$$

$$= 5697,31 \text{ kg/2 tahun} / 1,08 \text{ kg/l}$$

$$= 5263,11 \text{ Liter}$$

$$= 5,26 \text{ m}^3$$

$$A \text{ surface Tangki pengendap} = \text{Panjang} \times \text{Lebar}$$

$$= 2\text{m} \times 6\text{m}$$

$$= 12 \text{ m}^2$$

$$H \text{ lumpur Tangki pengendap} = V \text{ lumpur} / A \text{ surface}$$

$$= 5,26 \text{ m}^3 / 12 \text{ m}^2$$

$$= 0,44 \text{ m}$$

### 5.6.2 Produksi Lumpur di Kompartemen

$$\text{TSS influen Kompartemen} = \text{TSS effluent Tangki pengendap}$$

$$= 175,78 \text{ mg/l}$$

$$\text{Waktu Detensi Pada Total Kompartemen} = 11 \text{ jam}$$

$$\text{Jumlah Kompartemen} = 8 \text{ buah}$$

$$\text{Waktu Detensi Pada Tiap Kompartemen} = 11 \text{ jam} / 8$$

$$= 1,38 \text{ jam}$$

Maka, didapatkan persentase removal pada tangki pengendap yaitu 50% yang dapat dilihat pada Gambar 5.11

$$\text{TSS Teremoval pada Kompartemen 1}$$

$$= \text{TSS influen} \times \text{persen removal}$$

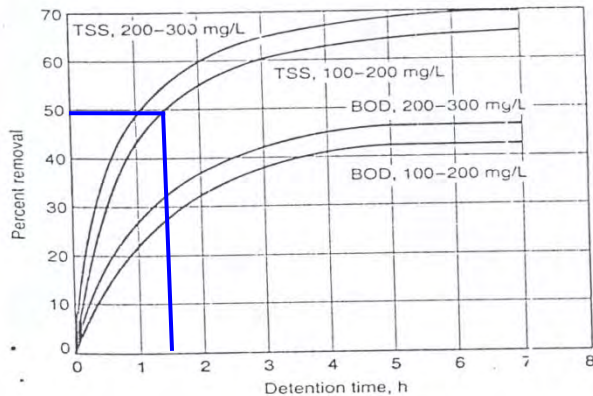
$$= 175,78 \text{ mg/l} \times 50\%$$

$$= 87,89 \text{ mg/l}$$

$$= 0,09 \text{ kg/ m}^3$$

$$= 6,25 \text{ kg/hari}$$

TSS effluent kompartemen 1  
 = TSS influen – TSS teremoval  
 = 175,78 mg/l – 87,89 mg/l  
 = 87,89 mg/l  
 = 0,09 kg/ m<sup>3</sup>  
 = 6,25 kg/hari



**Gambar 5.12 Grafik Persentase Removal berdasarkan waktu tinggal Pada Kompartemen.**

Direncanakan:

Y (0,4-0,6 )	= 0,4 kg biomass/ kg substrat
K <sub>d</sub>	= 0,06 hari
θ <sub>c</sub>	= 10 hari
Q	= 71,15 m <sup>3</sup> /hari
TSS <sub>in</sub> -TSS <sub>out</sub>	= 87,89 mg/l
VSS	= 8000 gMLSS/ m <sup>3</sup>
MLVSS	= 80% VSS
Kadar Solid Lumpur	= 5%

Maka:

$$Y_{\text{obs}} = \frac{Y}{(1 + K_d \times \theta_c)}$$



$$= \frac{0,4}{(1+(0,06 \times 10))}$$

$$= 0,25 \text{ kg biomass/kg substrat}$$

$$\begin{aligned} \text{Px MLVSS} &= Y_{\text{obs}} \times Q \times (TSS_{\text{in}} - TSS_{\text{out}}) \\ &= 0,25 \times 71,15 \times (87,89/1000) \\ &= 1,56 \text{ kgMLVSS/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Px MLSS} &= 80\% \times 1,56 \text{ kg MLVSS/hari} \\ &= 1,95 \text{ kg MLSS/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa lumpur Kompartemen 1} &= 1,95 \times \text{waktu pengurasan} \times 0,5 \\ &= 1,95 \times (2 \times 365 \text{ hari/tahun}) \times 0,5 \\ &= 713,3 \text{ kg/2 tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Jenis Lumpur} &= ((\text{Kadar Solid Lumpur} \times 2,65) + ((100\% - \text{Kadar Solid Lumpur}) \times 1)) \times 100\% \\ &= ((5\% \times 2,65) + (100\% - 5\%) \times 1) \times 100\% \\ &= 1,08 \text{ kg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= \text{massa lumpur} / \text{massa jenis lumpur} \\ &= 713,3 / 1,08 \\ &= 658,94 \text{ L} \\ &= 0,659 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{H lumpur Kompartemen 1} &= V \text{ lumpur} / A \text{ surface} \\ &= 0,659 / 2 \text{ m}^2 \\ &= 0,33 \text{ m} \\ &= 32,95 \text{ cm} \end{aligned}$$

Langkah Perhitungan yang sama kemudian digunakan untuk menghitung produksi lumpur pada seluruh kompartemen dengan menggunakan nilai TSS influen adalah nilai TSS effluent dari kompartemen sebelumnya. Hasil perhitungan produksi lumpur dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Bagian	Q (m3/hari)	TSS in (mg/l)	% Removal	TSS teremoval (mg/l)	TSS eff (mg/l)	waktu pengurusan (bulan)	massa jenis lumpur (kg/l)	V Lumpur (m3)	A Surface (m2)	H lumpur (m)
Settling Tank	71,15	502,22	65%	326,44	175,78	24	1,0825	5,26	12	0,439
Kompartemen 1		175,78	50%	87,89	87,89		1,08	0,66	2	0,329
Kompartemen 2		87,89	50%	43,94	43,94		1,08	0,33	2	0,165
Kompartemen 3		43,94	50%	21,97	21,97		1,08	0,16	2	0,082
Kompartemen 4		21,97	50%	10,99	10,99		1,08	0,08	2	0,041
Kompartemen 5		10,99	50%	5,49	5,49		1,08	0,04	2	0,021
Kompartemen 6		5,49	50%	2,75	2,75		1,08	0,02	2	0,010
Kompartemen 7		2,75	50%	1,37	1,37		1,08	0,01	2	0,005
Kompartemen 8		1,37	50%	0,69	0,69		1,08	0,01	2	0,003

## 5.7 Mass Balance

Perhitungan *mass balance* atau kesetimbangan massa dibutuhkan untuk mengetahui apakah massa kandungan air limbah influen setimbang dengan removal dan hasil effluen nya.

### 5.7.1 Mass Balance di Tangki Pengendap

*Diketahui:*

$$\begin{aligned}\text{BOD influen} &= 575,42 \text{ mg/l} = 0,58 \text{ kg/ m}^3 \\ \text{Massa BOD} &= Q \times \text{BOD influen} \\ &= 40,94 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{COD influen} &= 983,25 \text{ mg/l} = 0,98 \text{ kg/ m}^3 \\ \text{Massa COD} &= Q \times \text{COD influen} \\ &= 69,96 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{TSS influen} &= 502,22 \text{ mg/l} = 0,50 \text{ kg/ m}^3 \\ \text{Massa TSS} &= Q \times \text{TSS influen} \\ &= 35,74 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

*Persentase Removal Pada Tangki pengendap:*

$$\text{Removal BOD} = 28,66\%$$

$$\text{Removal COD} = 27,04\%$$

$$\text{Removal TSS} = 68\%$$

*BOD teremoval di Tangki pengendap:*

$$= \text{BOD influen} \times \text{persentase removal BOD}$$

$$= 575,421 \text{ mg/l} \times 28,66 \%$$

$$= 164,91 \text{ mg/l}$$

$$= 0,165 \text{ kg/ m}^3$$

$$= 11,73 \text{ kg/hari}$$

*COD teremoval di tangki pengendap:*

$$= \text{COD influen} \times \text{persentase removal COD}$$

$$= 983,25 \text{ mg/l} \times 27,04\%$$

$$= 265,84 \text{ mg/l}$$

$$= 0,266 \text{ kg/ m}^3$$

$$= 18,92 \text{ kg/hari}$$

*TSS teremoval di tangki pengendap:*

= TSS influen x persentase removal TSS

= 502,22 mg/l x 68%

= 341,51 mg/l

= 0,341 kg/ m<sup>3</sup>

= 24,3 kg/hari

BOD effluen = BOD in – BOD Teremoval  
= 575,42 mg/l – 164,91 mg/l  
= 410,51 mg/l = 0,41 kg/ m<sup>3</sup>

Massa BOD = Q x BOD influen  
= 29,21 kg/hari

COD effluen = COD in – COD Teremoval  
= 983,25 mg/l – 265,84 mg/l  
= 717,41 mg/l = 0,72 kg/ m<sup>3</sup>

Massa COD = Q x COD influen  
= 51,05 kg/hari

TSS effluen = TSS in – TSS Teremoval  
= 502,22 mg/l – 341,51 mg/l  
= 160,71 mg/l = 0,16 kg/ m<sup>3</sup>

Massa TSS = Q X TSS influen  
= 11,44 kg/hari

## **5.7.2 Mass Balance di Kompartemen**

*Diketahui:*

BOD influen = 410,51 mg/l = 0,41 kg/ m<sup>3</sup>  
Massa BOD = Q x BOD influen  
= 29,21 kg/hari

COD influen = 717,41 mg/l = 0,72 kg/ m<sup>3</sup>  
Massa COD = Q x COD influen  
= 51,05 kg/hari

$$\begin{aligned}\text{TSS influen} &= 160,71 \text{ mg/l} = 0,16 \text{ kg/ m}^3 \\ \text{Massa TSS} &= Q \times \text{TSS influen} \\ &= 11,44 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

*Persentase Removal Pada Kompartemen:*

$$\text{Removal BOD} = 95,30\%$$

$$\text{Removal COD} = 92,98\%$$

$$\text{Removal TSS} = 99,61\%$$

*BOD teremoval di Kompartemen:*

$$= \text{BOD influen} \times \text{persentase removal BOD}$$

$$= 410,51 \text{ mg/l} \times 95,30 \%$$

$$= 391,23 \text{ mg/l}$$

$$= 0,391 \text{ kg/ m}^3$$

$$= 27,84 \text{ kg/hari}$$

*COD teremoval di Kompartemen:*

$$= \text{COD influen} \times \text{persentase removal COD}$$

$$= 717,406 \text{ mg/l} \times 92,98\%$$

$$= 667,028 \text{ mg/l}$$

$$= 0,667 \text{ kg/ m}^3$$

$$= 47,46 \text{ kg/hari}$$

*TSS teremoval di Kompartemen:*

$$= \text{TSS influen} \times \text{persentase removal TSS}$$

$$= 160,71 \text{ mg/l} \times 99,61\%$$

$$= 160,083 \text{ mg/l}$$

$$= 0,160 \text{ kg/ m}^3$$

$$= 11,39 \text{ kg/hari}$$

$$\text{BOD effluen} = \text{BOD in} - \text{BOD Teremoval}$$

$$= 410,51 \text{ mg/l} - 391,23 \text{ mg/l}$$

$$= 19,28 \text{ mg/l} = 0,19 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{Massa BOD} = Q \times \text{BOD influen}$$

$$= 1,37 \text{ kg/hari}$$

$$\text{COD effluen} = \text{COD in} - \text{COD Teremoval}$$

$$= 717,41 \text{ mg/l} - 667,03 \text{ mg/l}$$

$$= 50,38 \text{ mg/l} = 0,50 \text{ kg/ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa COD} &= Q \times \text{COD influen} \\
 &= 3,59 \text{ kg/hari} \\
 \\ 
 \text{TSS effluen} &= \text{TSS in} - \text{TSS Teremoval} \\
 &= 160,71 \text{ mg/l} - 160,083 \text{ mg/l} \\
 &= 0,628 \text{ mg/l} = 0,63 \text{ kg/ m}^3 \\
 \text{Massa TSS} &= Q \times \text{TSS influen} \\
 &= 0,045 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Diagram Mass Balance dapat dilihat pada Gambar 5.13

### 5.8 Penempatan IPAL

Berdasarkan pada hasil perhitungan dapat diketahui bahwa IPAL dengan menggunakan unit ABR dapat ditempatkan pada lokasi yang direncanakan berdasarkan hasil survei. Lokasi peletakan IPAL pada wilayah RT 3 RW 4 Kecamatan Kedung Baruk yaitu pada lahan fasilitas umum milik warga RW 4 dapat dilihat pada Lampiran 7, dan untuk wilayah RT 5 RW 3 Kecamatan Kalirungkut yaitu pada jalan Bakung 2 dapat dilihat pada Lampiran 8, serta untuk wilayah RT 3 RW 3 Kecamatan Penjaringan Sari yaitu pada jalan Kendal Sari 1 yang dapat dilihat pada Lampiran 9.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB VI

### BOQ dan RAB

*Bill of Quantity* adalah bagian yang harus disajikan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi. BOQ berperan dalam penyajian harga sesuai dengan volume pekerjaan konstruksi. Kemudian akan dikalikan dengan nilai HSPK pekerjaan untuk kemudian didapatkan hasil berupa Rancangan Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk perencanaan pekerjaan konstruksi.

#### 6.1 Harga Satuan Material dan Upah Tenaga Kerja

Dalam menganggarkan biaya yang akan dikeluarkan dalam suatu pekerjaan konstruksi dibutuhkan rincian data harga satuan dari material yang akan digunakan dan upah tenaga yang harus dibayarkan. Rincian data harga satuan material dapat dilihat pada Tabel 6.1 sedangkan rincian data upah tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 6.2. Rincian ini nantinya yang akan digunakan untuk dijadikan acuan dalam perhitungan anggaran biaya.

*Tabel 6.1 Harga Satuan Kebutuhan Material*

No	Kebutuhan Material	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Paku Biasa 2-5 inchi	Doz	27.000
2	Paku Triplek/Eternit	Kg	22.000
3	Kayu Meranti Usuk 4/6, 5/7	m <sup>3</sup>	4.500.000
4	Kayu Meranti Bekisting	m <sup>3</sup>	3.200.000
5	Kayu Meranti Papan 2/20, 4/10	m <sup>3</sup>	2.830.000
6	Plywood Uk. 122x244x9mm	Lembar	93.600
7	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	m <sup>3</sup>	6.400.000
8	Minyak Bekisting	liter	28.300



No	Kebutuhan Material	Satuan	Harga Satuan (Rp)
9	Semen PC 40 kg	Zak	63.000
10	Pasir Cor/Beton	m <sup>3</sup>	232.100
11	Batu Pecah Mesin 1/2cm	m <sup>3</sup>	466.000
12	Besi Beton Polos	Kg	12.000
13	Waterproof	Kg	85.000
14	Serat Fiber	Lembar	10.100
15	Pasir Urug	m <sup>3</sup>	143.500
16	Kawat Ikat	Kg	23.000
17	Lem PVC	Tube	14.300
18	Pipa Plastik PVC Tipe C uk.3 inchi pj 4 m	batang	69.000
19	Tee 3" Rucika	20 buah/box	18.050
20	Tee 1 1/4" Rucika	55 buah/box	2850
21	Elbow 3" Rucika	30 buah/box	11.650

*Tabel 6.2 Harga Satuan Upah Tenaga Kerja*

No	Kebutuhan Tenaga Kerja	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Mandor	OH	120.000
2	Kepala Tukang	OH	110.000
3	Tukang	OH	105.000
4	Pembantu Tukang	OH	99.000

## 6.2 Rincian Uraian Pekerjaan Konstruksi ABR

Pada perencanaan ABR terdapat 3 tahap pelaksanaan konstruksi yaitu, tahap persiapan, tahap pekerjaan utama, dan tahap *finishing*. Tahapan tersebut didapatkan rincian uraian pekerjaannya bersumber pada HSPK Kota Surabaya, 2015.

### 6.2.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan pekerjaan konstruksi pada perencanaan ini terdiri dari tahapan pembersihan lahan hingga tahap pemasangan bouwplank yang dapat dilihat pada Tabel 6.3 – 6.6.

*Tabel 6.3 Pembersihan Lapangan "Ringan" dan Perataan*

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,025	120.000	3000
2	Pembantu Tukang	OH	0,05	99.000	4950
Jumlah					7950
Nilai HSPK					7950

**Tabel 6.4 Pembongkaran Paving Tidak Dipakai Kembali**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,01	120.000	1200
2	Tenaga Kasar	OH	0,02	99.000	1980
Jumlah					3180
Nilai HSPK					3180

**Tabel 6.5 Pembuatan Bouwplank / Titik**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan				
1	Paku Biasa 2-5 inchi	Doz	0,05	27.000	1350
2	Kayu Meranti Usuk 4/6, 5/7	m <sup>3</sup>	0,012	4.500.000	54000
3	Kayu Meranti Bekisting	m <sup>3</sup>	0,008	3.200.000	25600
Jumlah					80950
B.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,0045	120.000	540
2	Kepala Tukang	OH	0,01	110.000	1100
3	Tukang	OH	0,1	105.000	10500
4	Pembantu Tukang	OH	0,1	99.000	9900
Jumlah					22040
Nilai HSPK					102.990

**Tabel 6.6 Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan				
1	Paku Biasa 2-5	Doz	0,02	27.000	540

	inci				
2	Kayu Meranti Usuk 4/6, 5/7	m <sup>3</sup>	0,007	2.830.000	19.810
3	Kayu Meranti Bekisting	m <sup>3</sup>	0,012	4.500.000	54.000
Jumlah					74.350
B.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,005	120.000	600
2	Kepala Tukang	OH	0,01	110.000	1100
3	Tukang	OH	0,1	105.000	10.500
4	Pembantu Tukang	OH	0,1	99.000	9900
Jumlah					22.100
Nilai HSPK					96.450

### 6.2.2 Tahap Pekerjaan Utama

Tahap pekerjaan utama pekerjaan konstruksi pada perencanaan ini terdiri dari pekerjaan penggalian, pembetonan dan perpipaian yang dapat dilihat pada Tabel 6.7 – 6.16

*Tabel 6.7 Penggalian Tanah Sedalam 1 meter*

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,025	120.000	3000
2	Pembantu Tukang	OH	0,75	99.000	74.250
Jumlah					77.250
Nilai HSPK					77.250

*Tabel 6.8 Pengangkutan Tanah Dari Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1 meter*

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				

1	Mandor	OH	0,0075	120.000	900
2	Pembantu Tukang	OH	0,15	99.000	14.850
Jumlah					15.750
Nilai HSPK					15.750

*Tabel 6.9 Pekerjaan Kolom Beton Bertulang (150 Kg besi + bekisting)*

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan				
1	Semen PC 40 kg	Zak	8,4	63.000	529.200
2	Pasir Cor/Beton	m <sup>3</sup>	0,54	232.100	125.334
3	Batu Pecah Mesin 1/2cm	m <sup>3</sup>	0,81	466.000	377.460
4	Besi Beton Polos	Kg	157,5	12.000	1.890.000
5	Paku Triplek/Eternit	Kg	3,2	22.000	70.400
6	Plywood Uk. 122x244x9mm	Lembar	2,8	93.600	262.080
7	Kawat Ikat	Kg	2,25	23.000	51.750
8	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	m <sup>3</sup>	0,12	6.400.000	768.000
9	Kayu Meranti Bekisting	m <sup>3</sup>	0,32	3.200.000	1.024.000
10	Minyak Bekisting	liter	1,6	28.300	45.280
Jumlah					5.143.504
B.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,265	120.000	31.800
2	Kepala Tukang	OH	0,265	110.000	29.150
3	Tukang	OH	1,3	105.000	136.500
4	Tukang	OH	0,275	105.000	28.875
5	Tukang	OH	1,05	105.000	110.250
6	Pembantu Tukang	OH	5,3	99.000	524.700

Jumlah	861.275
Nilai HSPK	6.004.779

**Tabel 6.10 Pekerjaan Balok Beton Bertulang (200 Kg besi + bekisting)**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan				
1	Semen PC 40 kg	Zak	8,4	63.000	529.200
2	Pasir Cor/Beton	m <sup>3</sup>	0,54	232.100	125.334
3	Batu Pecah Mesin 1/2cm	m <sup>3</sup>	0,81	466.000	377.460
4	Besi Beton Polos	Kg	210	12.000	2.520.000
5	Paku Triplek/Eternit	Kg	3,2	22.000	70.400
6	Plywood Uk. 122x244x9mm	Lembar	2,8	93.600	262.080
7	Kawat Ikat	Kg	3	23.000	69.000
8	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	m <sup>3</sup>	0,14	6.400.000	896.000
9	Kayu Meranti Bekisting	m <sup>3</sup>	0,32	3.200.000	1.024.000
10	Minyak Bekisting	liter	1,6	28.300	45.280
Jumlah					5.918.754
B.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,318	120.000	38.160
2	Kepala Tukang	OH	0,333	110.000	36.630
3	Tukang	OH	1,65	105.000	173.250
4	Tukang	OH	0,275	105.000	28.875
5	Tukang	OH	1,4	105.000	147.000
6	Pembantu Tukang	OH	6,35	99.000	628.650
Jumlah					1.052.565
Nilai HSPK					6.971.319

**Tabel 6.11 Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (150 Kg besi + bekisting)**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan				
1	Semen PC 40 kg	Zak	8,4	63.000	529.200
2	Pasir Cor/Beton	m <sup>3</sup>	0,54	232.100	125.334
3	Batu Pecah Mesin 1/2cm	m <sup>3</sup>	0,81	466.000	377.460
4	Besi Beton Polos	Kg	157,5	12.000	1.890.000
5	Paku Triplek/Eternit	Kg	3,2	22.000	70.400
6	Plywood Uk. 122x244x9mm	Lembar	2,8	93.600	262.080
7	Kawat Ikat	Kg	2,25	23.000	51.750
8	Kayu Kamper Balok 4/6, 5/7	m <sup>3</sup>	0,16	6.400.000	1.024.000
9	Kayu Meranti Bekisting	m <sup>3</sup>	0,24	3.200.000	768.000
10	Minyak Bekisting	liter	1,6	28.300	45.280
Jumlah					5.143.504
B.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,265	120.000	31.800
2	Kepala Tukang	OH	0,262	110.000	28.820
3	Tukang	OH	1,3	105.000	136.500
4	Tukang	OH	0,275	105.000	28.875
5	Tukang	OH	1,05	105.000	110.250
6	Pembantu Tukang	OH	5,3	99.000	524.700
Jumlah					860.945
Nilai HSPK					6.004.449

**Tabel 6.12 Pekerjaan Plat Tutup Beton**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				
1	Pekerjaan Beton K-225	m <sup>3</sup>	1	1.153.439	1.153.439
2	Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos/ulir)	kg	100	14.498	1.449.800
3	Pekerjaan Bekisting Atap	m <sup>2</sup>	1,2	378.800	454.560
Jumlah					3.057.799
Nilai HSPK					3.057.799

**Tabel 6.13 Pekerjaan Plat Lantai Beton**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				
1	Pekerjaan Beton K-225	m <sup>3</sup>	1	1.153.439	1.153.439
2	Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos/ulir)	kg	100	14.498	1.449.800
3	Pekerjaan Bekisting Lantai	m <sup>2</sup>	1.2	378.800	454.560
Jumlah					3.057.799
Nilai HSPK					3.057.799



**Tabel 6.14 Pemasangan Pipa Air Kotor Diameter 3"**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan				
1	Pipa Plastik PVC Tipe C uk.3 inchi pj 4 m	Batang	0,3	69.000	20.700
2	Pipa Plastik PVC Tipe C uk.3 inchi pj 4 m	Batang	0,105	69.000	7245
3	Lem PVC	Tube	0,1	14.300	1430
Jumlah					29.375
B.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,0041	120.000	492
2	Kepala Tukang	OH	0,0135	110.000	1485
3	Tukang	OH	0,135	105.000	14.175
4	Pembantu Tukang	OH	0,081	99.000	8019
Jumlah					24.171
Nilai HSPK					53.546

**Tabel 6.15 Aksesoris Pipa**

No	Kebutuhan	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Tee 3"	buah	902.5
2	Tee 1 1/4"	buah	51.82
3	Elbow 3"	buah	388.3

**Tabel 6.16 Pekerjaan Pelapisan Waterproofing**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan				
1	Waterproof	Kg	0.35	85,000	29750
2	Serat Fiber	Lembar	1	10,100	10100
Jumlah					39850
B.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0.0025	120,000	300
2	Kepala Tukang	OH	0.0075	110,000	825
3	Tukang	OH	0.075	105,000	7875
4	Pembantu Tukang	OH	0.05	99,000	4950
Jumlah					13950
Nilai HSPK					53800

### 6.2.3 Tahap Pekerjaan *Finishing*

Tahap pekerjaan *finishing* pekerjaan konstruksi pada perencanaan ini terdiri dari pekerjaan pengurugan tanah dan juga pembersihan lahan yang dapat dilihat pada Tabel 6.17 dan Tabel 6.18.

**Tabel 6.17 Pembersihan Lapangan “Berat” dan Perataan**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,05	120.000	6000
2	Pembantu Tukang	OH	0,1	99.000	9900
Jumlah					15.900
Nilai HSPK					15.900

**Tabel 6.18 Pengurangan Tanah Dengan Pemadatan**

NO	Kebutuhan	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A.	Bahan				
1	Pasir Urug	m <sup>3</sup>	1,2	143.500	172.200
Jumlah					172.200
B.	Sewa Peralatan				
1	Sewa Alat Bantu 1 set @ 3 alat	m <sup>3</sup>	8	1,100	8800
Jumlah					8800
	Tenaga Kerja				
1	Mandor	OH	0,01	120.000	1200
2	Pembantu Tukang	OH	0,3	99.000	29.700
Jumlah					30.900
Nilai HSPK					211.900

### 6.3 Perhitungan BOQ dan RAB Konstruksi ABR

*Diketahui:*

Panjang Tangki pengendap ABR = 6 m

Lebar Tangki pengendap ABR = 2 m

Panjang Kompartemen = 1 m

Lebar Kompartemen = 2 m

Jumlah Kompartemen = 8 buah

Kedalaman = 2 m

Freeboard = 0,3 m

*Direncanakan:*

Tebal Beton = 0,15 m

*Dihitung:*

Panjang Total unit ABR

= Panjang Tangki pengendap +(Panjang Kompartemen x jumlah Kompartemen)+ (tebal beton x jumlah sekat dan dinding)

$$= 6 + (1 \times 8) + (0,15 \times 10)$$

$$= 15,5 \text{ m}$$

Lebar Total unit ABR

$$= \text{Lebar Tangki pengendap} + (\text{tebal dinding beton} \times 2)$$

$$= 1,5 + (0,15 \times 2)$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

Total Luas Lahan = Panjang Total x Lebar Total

$$= 15,5 \times 2,3$$

$$= 35,65 \text{ m}^2$$

Total Luas lahan untuk pekerjaan konstruksi ditambahkan 0,5 m pada masing-masing panjang dan lebar sehingga total luas lahan yang digunakan adalah :  $16,5 \times 3,3 = 54,45 \text{ m}^2$

V Galian

$$= 54,45 \times (\text{Kedalaman} + \text{freeboard} + \text{tebal beton lantai} + \text{tebal plat beton penutup})$$

$$= 54,45 \times (2 + 0,3 + 0,15 + 0,15)$$

$$= 141,57 \text{ m}^3$$

Volume Total Beton dinding panjang ABR

$$= ((\text{Panjang Settling} + (\text{panjang kompartemen} \times \text{jumlah kompartemen}) \times \text{kedalaman tanpa tebal lantai dan tutup})) \times \text{tebal beton} \times 2$$

$$= (((6\text{m} + (1\text{m} \times 8)) \times 2,3\text{m}) \times 0,15\text{m}) \times 2$$

$$= 9,66 \text{ m}^3$$

Volume Total Beton dinding lebar ABR

$$= (\text{Lebar Settling} \times \text{Kedalaman tanpa tebal lantai dan tutup} \times \text{tebal beton}) \times 2$$

$$= (2\text{m} \times 2,3\text{m} \times 0,15\text{m}) \times 2$$

$$= 1,38 \text{ m}^3$$

Volume Dinding Beton Sekat

$$= (\text{Lebar Sekat} \times \text{Kedalaman tanpa tebal lantai dan tutup} \times \text{tebal beton}) \times 8$$

$$= (2 \times 2,3 \times 0,15) \times 8$$

$$= 5,52 \text{ m}^3$$

Volume Dinding Beton Total

= Volume Total dinding panjang + volume total dinding lebar

=  $9,66 \text{ m}^3 + 1,38 \text{ m}^3$

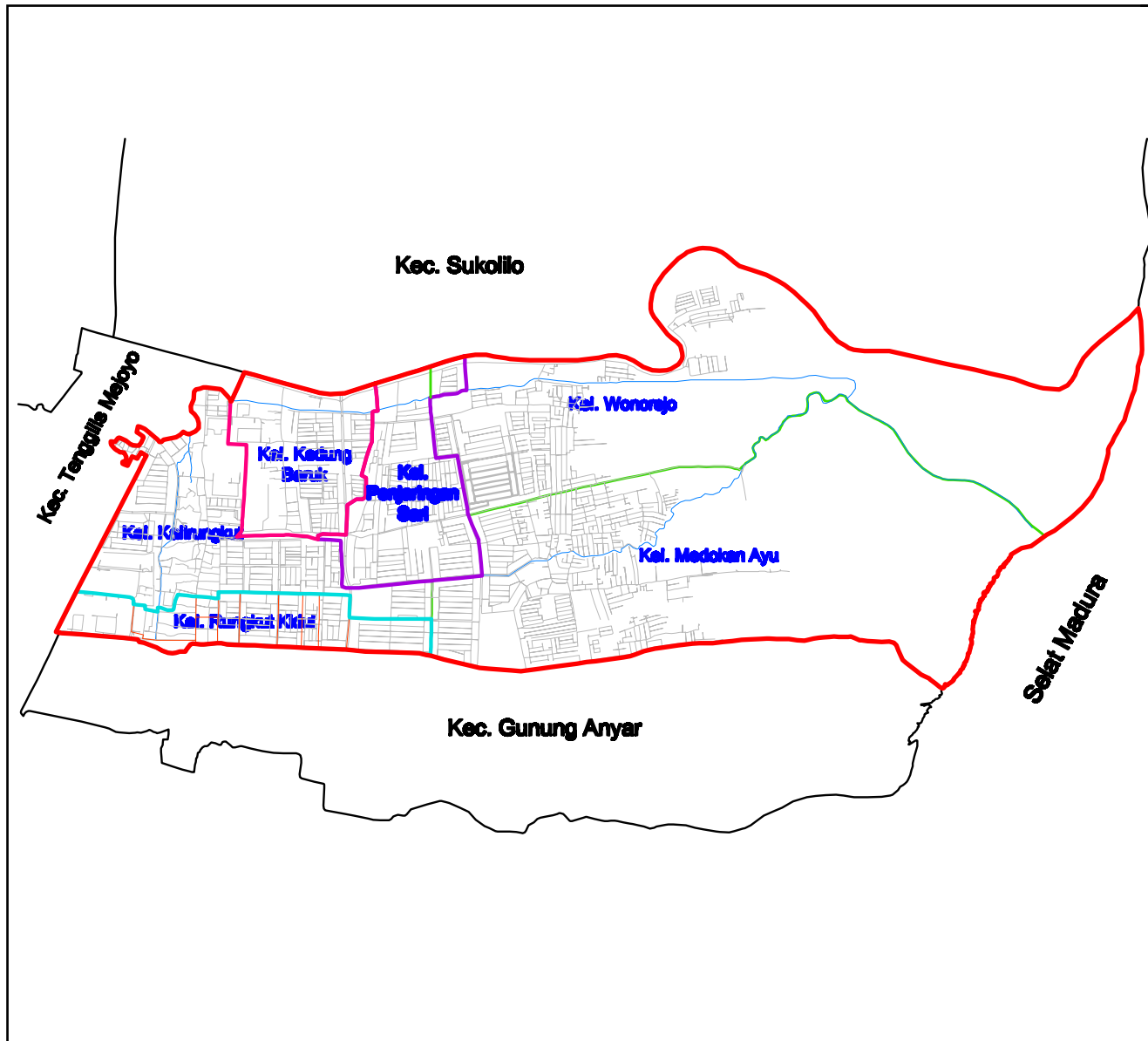
Volume Beton lantai ABR

= Lebar total x panjang Total x tebal beton

=  $2,3\text{m} \times 15,5\text{m} \times 0,15\text{m}$

=  $5,35 \text{ m}^3$

Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan maka dapat dihitung kebutuhan biaya untuk perencanaan ABR dengan mengalikan Volume pekerjaan dengan nilai HSPK. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6.19.



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK TERCAKUP  
BLACKWATER DAN GREYWATER DI  
KECAMATAN RUNGKUT SURABAYA

### DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

### NAMA MAHASISWA

HARISTIA DAMAYANTI  
3312100030

### JUDUL GAMBAR

PETA KECAMATAN RUNGKUT

### KETERANGAN

LAMPUK 1

### SKALA

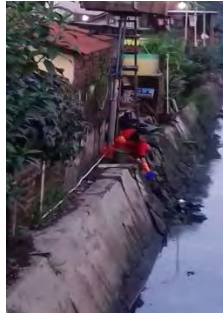
TANPA SKALA

## LAMPIRAN 2

### Foto Kegiatan Survei dan Wawancara



### FOTO KEGIATAN PENGAMBILAN DATA DAN SAMPEL





JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK TERCAKUPUR  
BLACKWATER DAN GREYWATER DI  
KECAMATAN RUNGKUT SURABAYA

### DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

### NAMA MAHASISWA

HARISTIA DAMAYANTI  
3312100030

### JUDUL GAMBAR

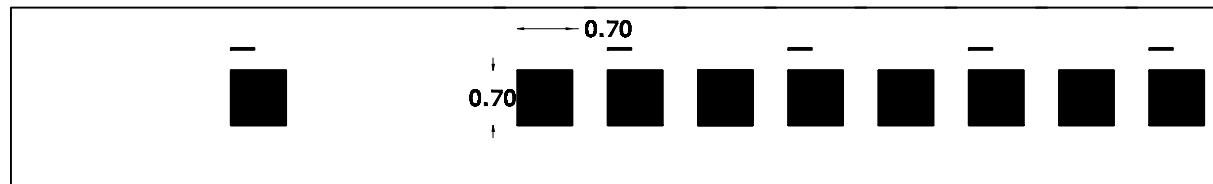
TAMPAK ATAS DAN DENAH ABR

### KETERANGAN

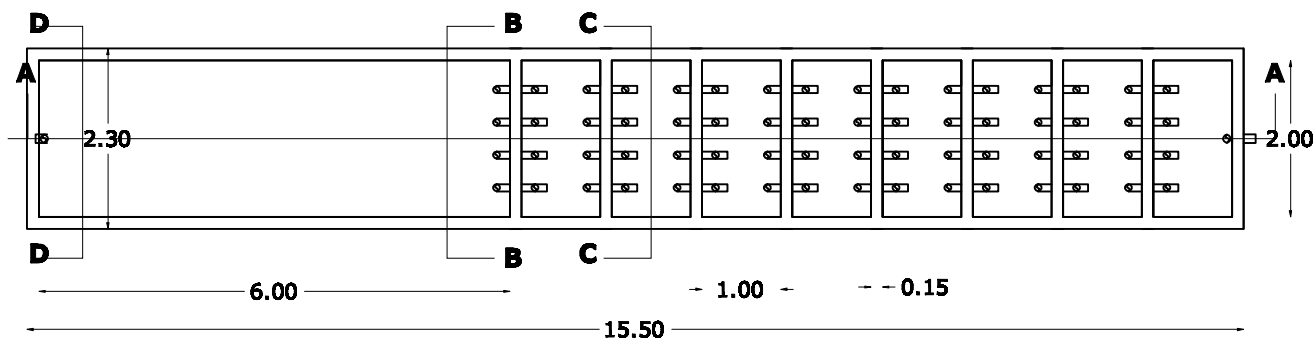
LAMPIRAN 3

### SKALA

1:80

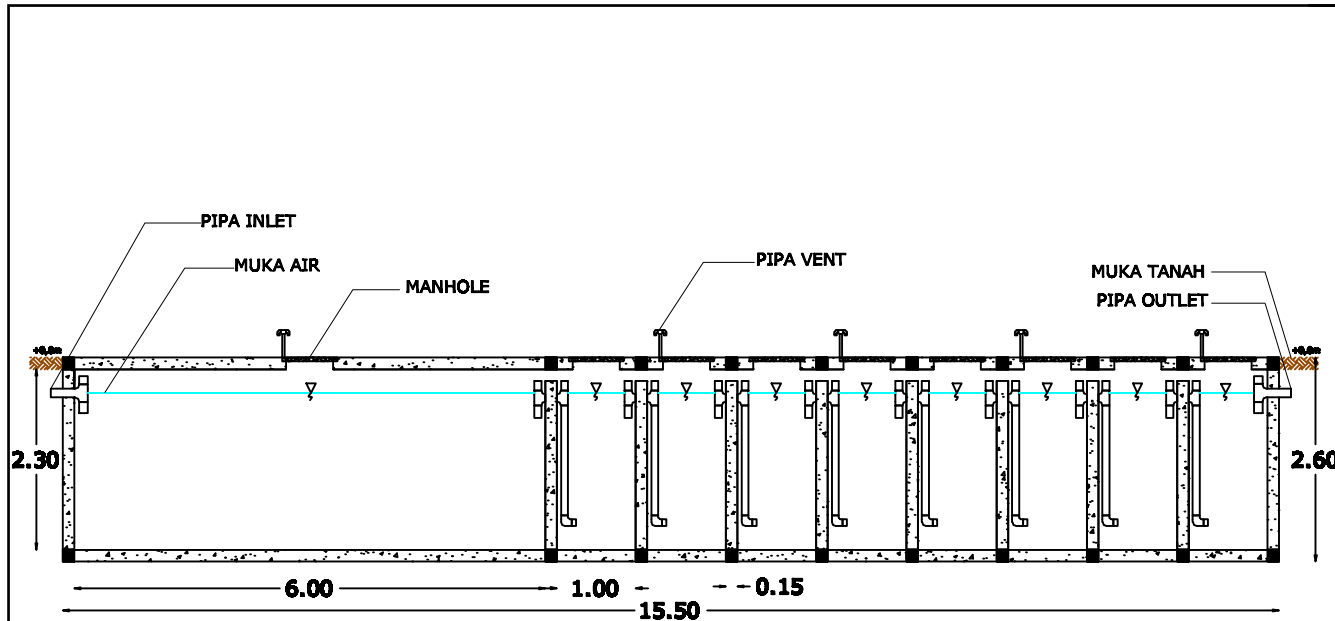


TAMPAK ATAS ABR



DENAH ABR





**POTONGAN A-A**



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK TERCAampur  
BLACKWATER DAN GREYWATER DI  
KECAMATAN RUNGKUT SURABAYA

### DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

### NAMA MAHASISWA

HARISTIA DAMAYANTI  
3312100030

### JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A

### KETERANGAN

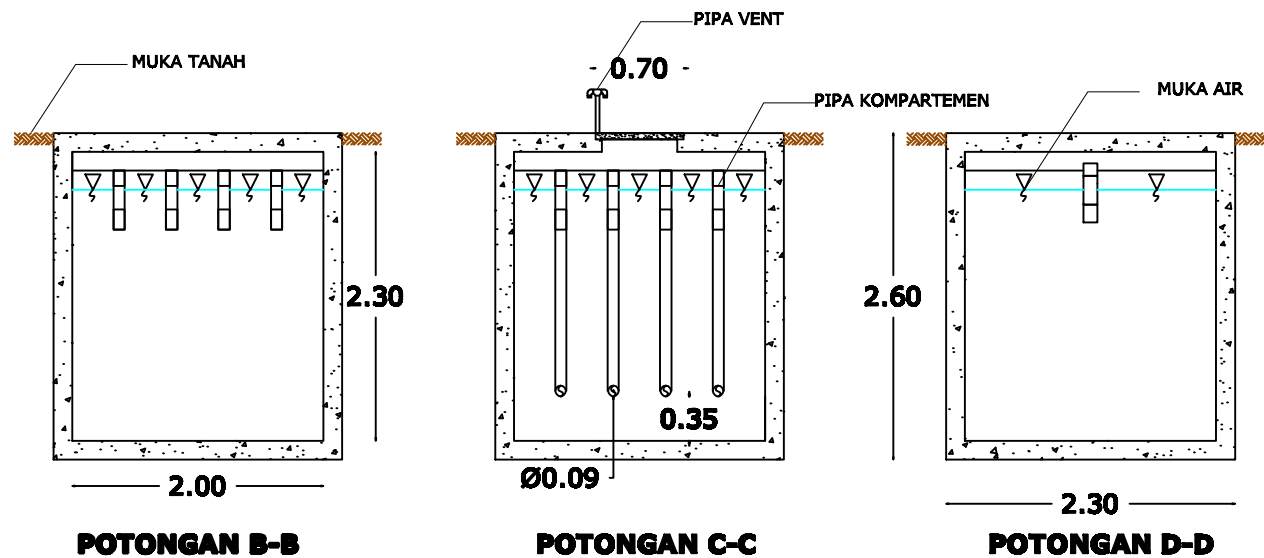


BETON

LAMPIRAN 4

### SKALA

1:80



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### TUGAS AKHIR

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK TERCAKUPUR  
BLACKWATER DAN GREYWATER DI  
KECAMATAN RUNGKUT SURABAYA

### DOSEN PEMBIMBING

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

### NAMA MAHASISWA

HARISTIA DAMAYANTI  
3312100030

### JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B, C-C, D-D

### KETERANGAN

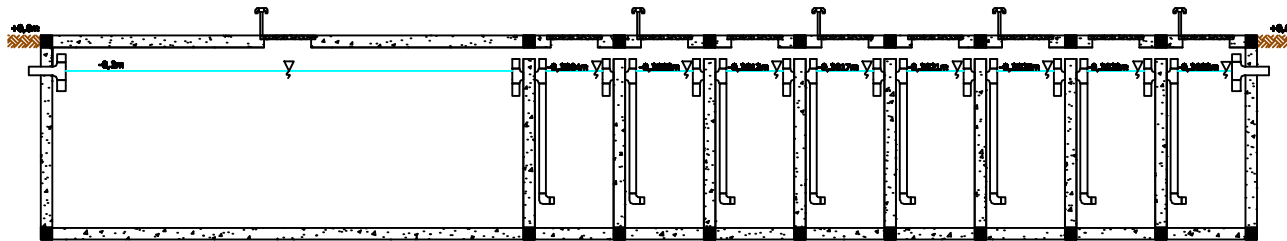


BETON

LAMPIRAN 5

### SKALA

1:50



**PROFIL HIDROLIS**



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### **TUGAS AKHIR**

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK TERCAampur  
*BLACKWATER* DAN *GREYWATER* DI  
KECAMATAN RUNGKUT SURABAYA

### **DOSEN PEMBIMBING**

IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D

### **NAMA MAHASISWA**

HARISTIA DAMAYANTI  
3312100030

### **JUDUL GAMBAR**

PROFIL HIDROLIS PADA UNIT ABR

### **KETERANGAN**

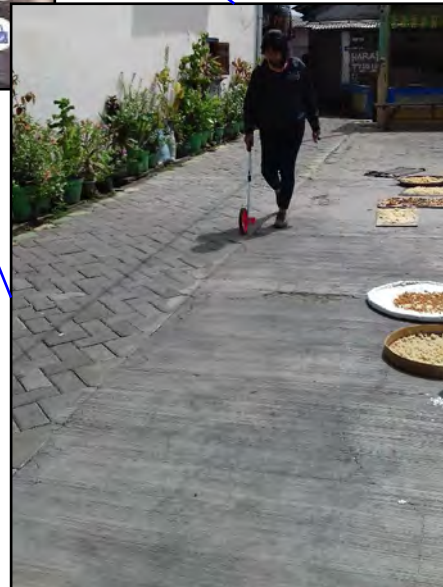
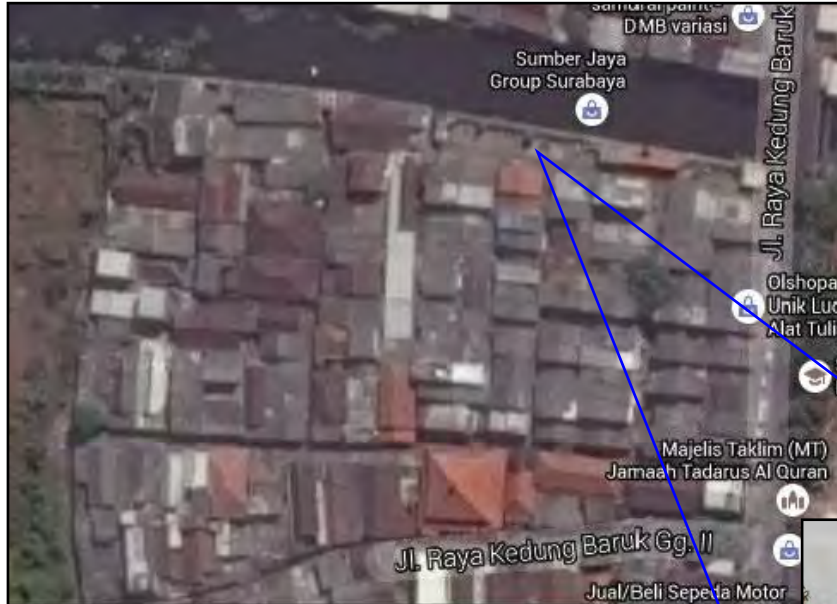


BETON

LAMPIRAN 6

### **SKALA**

1:80



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

### **TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK TERCAMPUR  
BLACKWATER DAN GREYWATER DI  
KECAMATAN RUNGKUT SURABAYA**

### **DOSEN PEMBIMBING**

**IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D**

### **NAMA MAHASISWA**

**HARISTIA DAMAYANTI  
3312100030**

### **JUDUL GAMBAR**

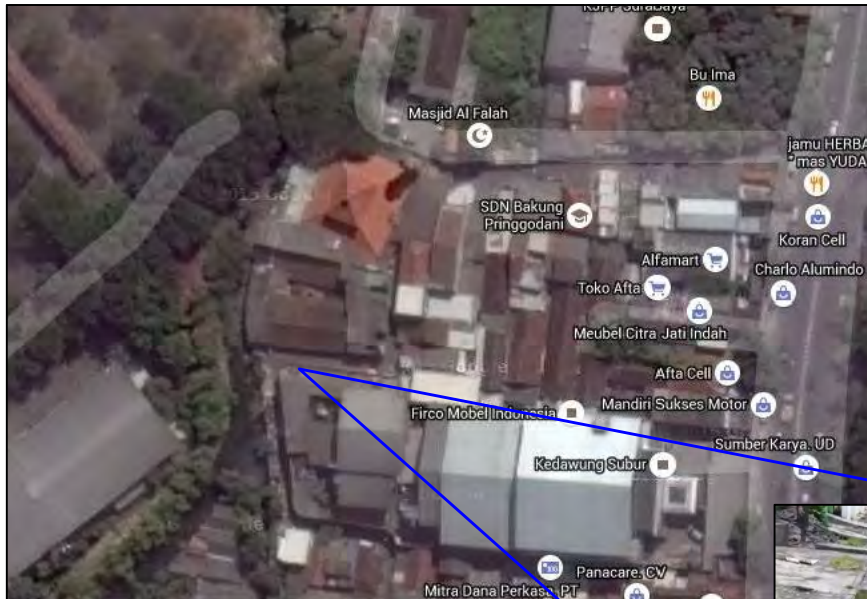
**LOKASI PENEMPATAN IPAL DI RT 3 RW 4  
KELURAHAN KEDUNG BARUK**

### **KETERANGAN**

**LAMPIRAN 7**

### **SKALA**

**TANPA SKALA**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

### **TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK TERCAMPUR  
BLACKWATER DAN GREYWATER DI  
KECAMATAN RUNGKUT SURABAYA**

### **DOSEN PEMBIMBING**

**IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D**

### **NAMA MAHASISWA**

**HARISTIA DAMAYANTI  
3312100030**

### **JUDUL GAMBAR**

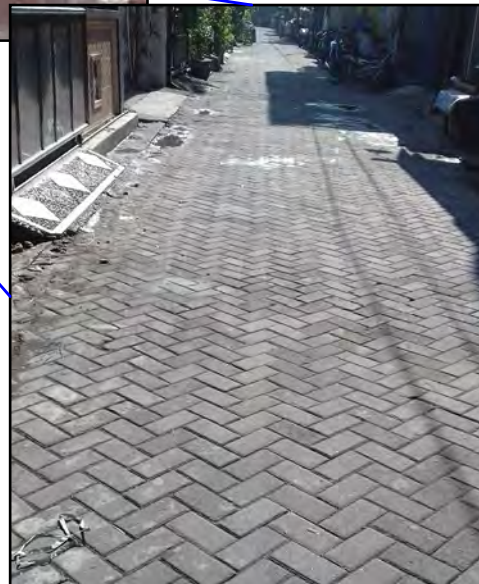
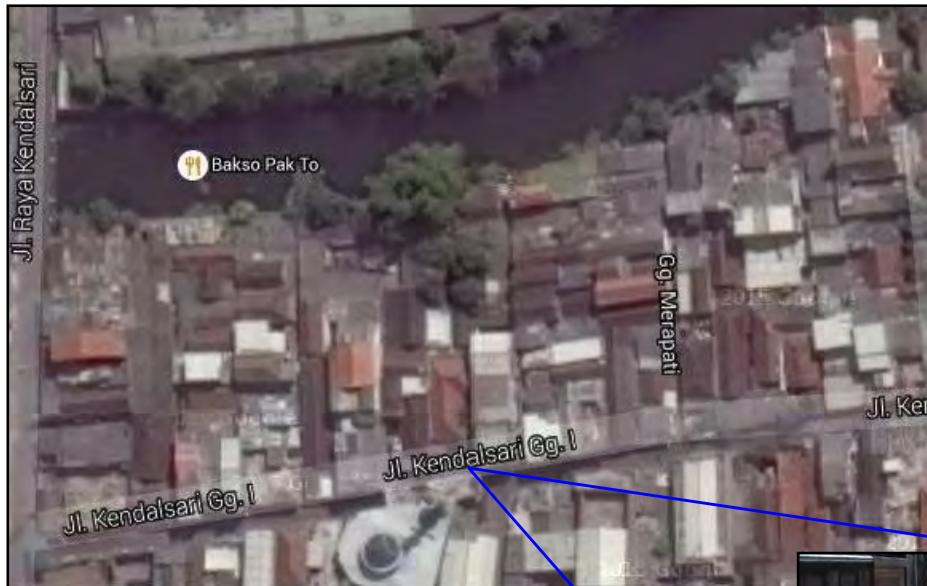
**LOKASI PENEMPATAN IPAL DI RT 5 RW 3  
KELURAHAN KALIRUNGKUT**

### **KETERANGAN**

**LAMPIRAN 8**

### **SKALA**

**TANPA SKALA**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

### **TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN  
AIR LIMBAH DOMESTIK TERCAMPUR  
BLACKWATER DAN GREYWATER DI  
KECAMATAN RUNGKUT SURABAYA**

### **DOSEN PEMBIMBING**

**IPUNG FITRI PURWANTI, S.T., M.T., Ph.D**

### **NAMA MAHASISWA**

**HARISTIA DAMAYANTI  
3312100030**

### **JUDUL GAMBAR**

**LOKASI PENEMPATAN IPAL DI RT 3 RW 3  
KELURAHAN PENJARINGAN SARI**

### **KETERANGAN**

**LAMPIRAN 9**

### **SKALA**

**TANPA SKALA**



## BAB VII

### PENUTUP

#### 7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari perencanaan ini adalah

1. Teknologi pengolahan air limbah domestik *blackwater* dan *greywater* yang sesuai untuk wilayah pemukiman padat penduduk di Kecamatan Rungkut adalah Teknologi dengan pengolahan anaerobik dengan menggunakan unit terpilih yaitu *Annaerobic Baffled Reactor* yang dirancang secara tipikal untuk melayani 100 KK dengan dimensi p x l x t adalah 15,5m x 2,3m x 2,6m.
2. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun ABR pada perencanaan ini adalah sebesar Rp 159.853.000,-

#### 7.2 Saran

Hendaknya pengurusan surat izin survei dilakukan jauh hari dan diusahakan untuk meminta pendampingan oleh pihak dari pemerintahan setempat seperti pihak kelurahan, kecamatan ataupun kepala RW dan RT wilayah perencanaan untuk mempermudah dan mempercepat dalam proses perolehan data. Tugas Akhir ini tidak memperhitungkan perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL), apabila ada pihak yang ingin merencanakan untuk SPAL diharap melakukan perhitungan terhadap sumur pengumpul dan pompa, dikarenakan unit IPAL ini direncanakan untuk dibangun dengan posisi plat tutup beton sejajar dengan permukaan tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 2014. *Dukungan STBM dalam Pencapaian Target Universal Access*.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Kecamatan Rungkut Dalam Angka 2014*. Surabaya
- Bell J. 2002. *Treatment of Dye Wastewaters in The Anaerobic Baffled Reactor and Characterisation of The Associated Microbial Population*s. Ph.D. Thesis, School of Chem. Eng., Univ. of Natal, Durban.
- BPPT. 1997. *Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Biofilter Anaerob*. Laporan Kegiatan Kelompok Teknologi Pengolahan Air Bersih dan Limbah Cair, BPPT.
- Brikke, F. dan Bredero, M. 2003. *Linking Technology Choice With Operation and Maintenance In The Context of Community Water Supply and Sanitation*. World Health Organization and IRC Water & Sanitation Centre, Geneva, Switzerland.
- Cochran, William G. 1977. *Sampling Techniques* 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley and Sons, New York: x + 422hlm.
- Djonoputro, E.R., Blackett, I., Weitz, A., Lambertus, A., Siregar, R., Arianto, I., dan Supangkat, J. 2009. *Opsi Sanitasi yang Terjangkau untuk Daerah Spesifik*. Water and Sanitation Program.
- Hardjosuprpto, Moh. Masduki (MODUTO), 2000. *Penyaluran Air Buangan Vol II*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2013. Roadmap Percepatan Program STBM 2013-2015. Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2012. *Materi Bidang Air Limbah, Diseminasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP*. Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2014. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.12 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta
- Pohan, N. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Proses Biofilter Aerobik*. Sekolah Pascasarjana. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. 2013. *Peraturan Gubernur no.72 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*.



- Rittmann, B.E., dan McCarty. 2001. *Environmental Biotechnology : Principles and Applications*, McGraw Hill International, New York.
- Sasse, L., 2009. *DEWATS: Decentralized Wastewater Treatment In Developing Countries*. Bremen: BORDA.
- Soedjono, E.S., Wibowo, T., Saraswati, S.S., Keetelaar, C., 2010. *Buku Referensi Opsi Sistem dan Teknologi Sanitasi*. Tim Teknis Pembangunan Sanitasi (TTPS).
- Sugiyono. 2006. *Statistika Untuk Penelitian*. Penrbit ALFABETA. Bandung
- Sunyono. 2011. *Teknik Wawancara (Interview) dalam Penelitian Kualitatif*. UNESA. Surabaya.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H.D., Tsuchihashi, R. 2004. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Fouth Edition (International Edition)*. Singapore: McGraw-Hill Company, Inc.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H.D., Tsuchihashi, R. 2014. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, Fifth Edition (International Edition)*. Singapore: McGraw-Hill Company, Inc.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Zurbrügg, C. 2008. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Zurbrügg, C. 2014. *Compendium of Sanitation Systems and Technologies 2<sup>nd</sup> revised edition*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Dübendorf, Switzerland.



## **BIOGRAFI PENULIS**

Haristia Damayanti dilahirkan di Surabaya pada tanggal 26 Maret 1995 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bhakti Pertiwi Sidoarjo pada tahun 1997-1998, Tk Nanggala Surabaya pada tahun 1998-2000, SDN Dukuh Menanggal 2 Surabaya pada tahun 2000-2002, SDN Wedoro 1 pada tahun 2002-2006, SMPN 1 Waru Sidoarjo pada tahun 2006-2009, SMAN 21 Surabaya pada tahun 2009-2012. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3312100030.

Selama perkuliahan penulis aktif berorganisasi sebagai staff Departemen Hubungan Luar 13/14. Penulis juga aktif dalam kepanitian kegiatan baik diluar maupun di dalam lingkup jurusan. Penulis juga aktif dalam kegiatan PKM yang dibuktikan dengan adanya 2 judul PKM yang berhasil didanai. Penulis mendapatkan kesempatan untuk melakukan kerja praktik di PT. Charoen Pokphand Indonesia, Krian mengenai pengolahan limbah cair industri pada tahun 2015. Penulis dapat dihubungi via email [haristiaristi@gmail.com](mailto:haristiaristi@gmail.com)